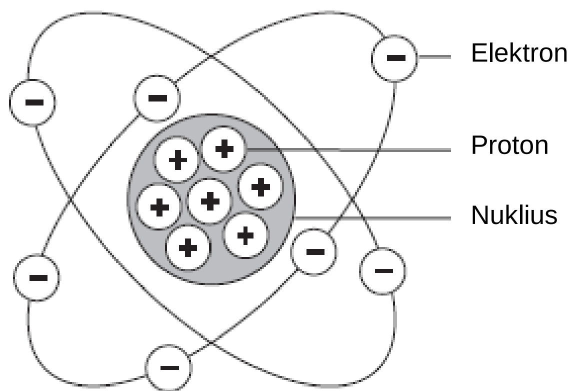
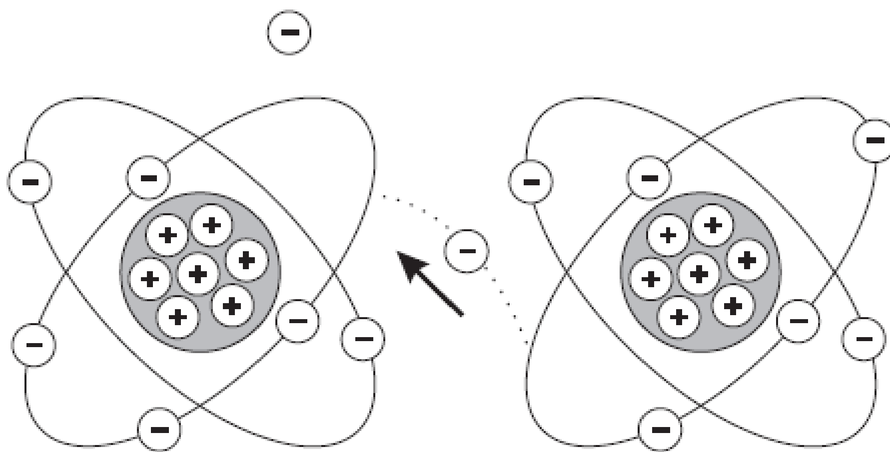
ASAS ELEKTRIK

TEORI ELEKTRON

Elemen atom
Semua benda adalah terdiri dari gabungan molekul yang membentuk atom. Atom mempunyai nuklius bersama elektron yang mengorbit di sekelilingnya. Nuklius terdiri dari susunan elektron dan neutron, yang biasanya mempunyai bilangan yang sama. Elektron mempunyai cas negatif (-) dan proton pula mempunyai cas positif (+) serta neutron tiada cas (neutral). Cas negatif pada elektron diimbangi oleh cas positif pada proton. Elektron mengelilingi orbit oleh tarikan proton seperti rajah di bawah.

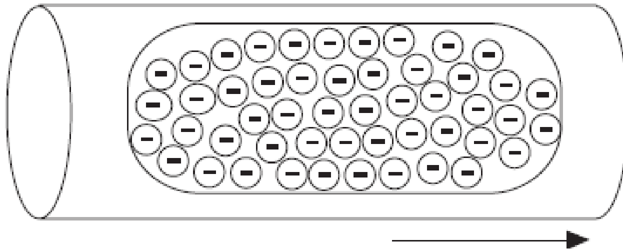


Elektron bebas
Elektron di linkaran luar boleh menjadi bebas dari orbitnya apabila dikenakan tekanan luar untuk bergerak melalui medan magnet, geseran atau tindakan kimia. Ianya selalu dirujuk sebagai elektron bebas. Elektron bebas meninggalkan ruang kosong yang kemudiannya diisi oleh elektron lain yang juga diberi tekanan dari lain-lain atom. Elektron bebas yang bergerak dari satu atom ke atom yang lain disebut aliran elektron. Ini adalah asa elektrisiti.

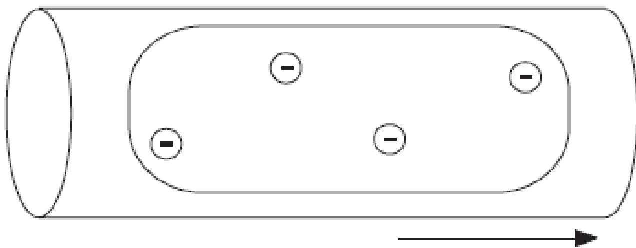


KONDUKTOR, PENEBAT DAN SEMI-KONDUKTOR

Konduktor
Arus elektrik ialah hasil dari elektron bebas yang bergerak dari satu atom ke atom yang lain. Bahan yang membenarkan elektron bergerak dengan bebas melaluinya dipanggil konduktor. Kuprum, perak, aluminium, zink, tembaga dan besi adalah bahan konduktor yang baik. Kuprum adalah bahan konduktor yang paling banyak digunakan dan murah.



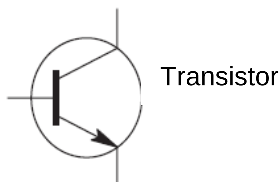
Penebat (insulator)
Bahan yang tidak membenarkan atau membenarkan sedikit sahaja elektron terbebas disebut penebat. Bahan seperti plastik, getah, kaca, mika dan seramik adalah penebat yang baik.



Kabel elektrik adalah satu contoh yang baik bagaimana konduktor dan penebat ini digunakan. Elektron mengalir di sepanjang konduktor kuprum memberikan tenaga kepada peralatan elektrik seperti lampu, radio atau motor elektrik. Penebat menyalut sekeliling konduktor untuk mengekalkan elektron dalam konduktor.



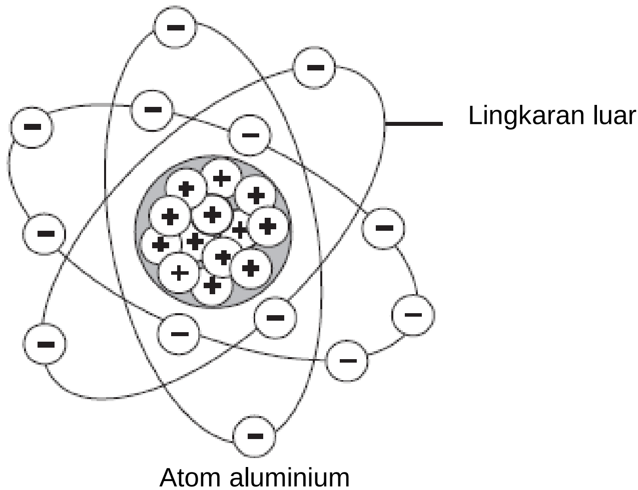
Semi-konduktor
Bahan semi-konduktor seperti silicon digunakan dalam pebuatan barangan elektrik atas sifatnya yang boleh menjadi konduktor dan penebat. Banyak peralatan semi-konduktor bertindak menjadi konduktor apabila dikenakan tekanan luar dari satu arah. Apabila tekanan luar dikenakan dari arah yang berlainan menjadikannya bertindak sebagai penebat. Prinsip ini menjadi asa kepada transistor, diod dan lain-lain solid-state elektronik yang lain.





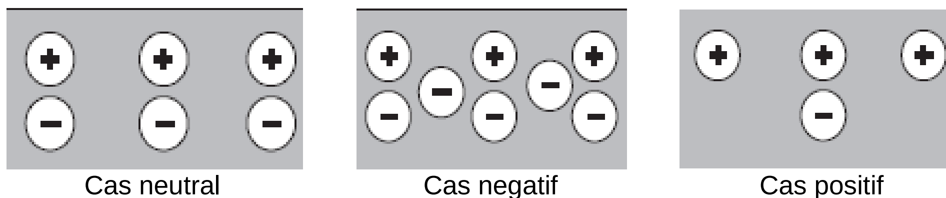
CAS ELEKTRIK

Neutral atom
Elemen selalunya diidentitikan pada bilangan elektron dalam orbit sekeliling nuklius atom, membentuk elemen dan bilangan proton dalan nuklius. Contohnya atom hidrogen yang hanya mempunyai satu elektron dan satu proton. Atom aluminium pula mempunyai 13 elektron dan 13 proton. Atom yang mempunyai bilangan elektron dan proton yang sama banyak disebut neutral elektrikal (electrically neutral).

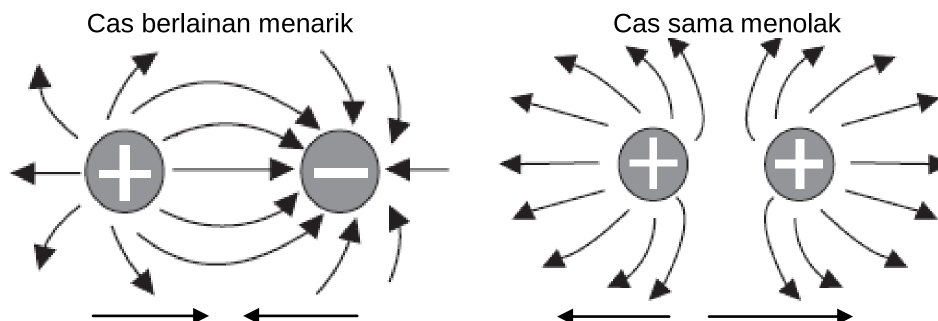


Atom aluminium

Cas positif dan negatif
Elektron di lingkaran luar atom dengan mudah dipindahkan oleh tekanan luar yang dikenakan. Elektron yang dipaksa keluar dari orbit akan menyebabkan elektron yang tinggal berkurangan. Kekurangan elektron disebut positif cas disebabkan kelbihan bilangan proton berbanding elektron. Cas positif atau negatif adalah disebabkan kekurangan atau kelebihan bilangan elektron. Bilangan proton adalah sentiasa tetap.



Tarikan dan tolakan cas elektrik
'Berlainan menarik' adalah benar bila merujuk kepada cas elektrik. Cas badan mempunyai medan elektrik yang tak kelihatan di sekelilingnya. Bila dua cas badan yan sama digandingkan, medan elektriknya akan bekerja untuk menolak antara satu sama lain. Medan elektrik sekeliling cas badan diwakili oleh garisan tekanan yang tak kelihatan. Garisan ini mewakili medan elektrik untuk menyebabkan berlaku penolakan dan penarikan. Garisan tekanan menunjukkan ia meninggalkan badan dengan cas positif dan datang ke badan dengan cas negatif.

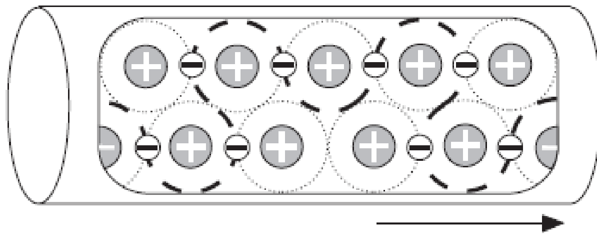


Coulomb's law

Satu hukum yang menyatakan tekanan untuk tarikan atau tolakan bergantung pada kekuatan cas badan dan jarak antaranya.

Elektrisi adalah aliran elektron bebas di dalam konduktor dari satu atom ke atom yang lain di dalam arah yang sama. Aliran elektron ini dirujuk sebagai arus (current) dan diwakili oleh simbol I. Elektron bergerak melalui konduktor pada kadaran yang berbeza dan nilai arus elektrik berbeza. Arus ditentukan oleh bilangan elektron yang melalui konduktor dalam sesaat.

Perlu diingat atom adalah sangat kecil, memerlukan kira-kira 1,000,000,000,000,000,000,000,000 (10_{24}) atom untuk memenuhi satu sentimeter padu konduktor kuprum. Atas sebab ini arus diukur dalam ampiar, simbolnya ialah A. Arus satu ampiar dalam sesaat bersamaan 6.24 x 10_{18} elektron bergerak menerusi konduktor.

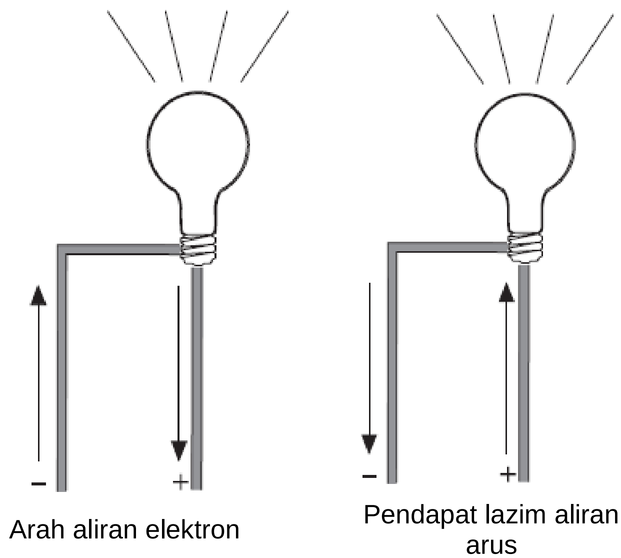


ARUS

Unit ukuran arus

Awalan	Simbol	Nilai
1 kiloampere	1 kA	1000 A
1 miliampere	1mA	1/1000 A
1 microampere	1μA	1/1,000,000 A

Arah aliran arus
Sesetengah pihak membezakan antara aliran elektron dan aliran arus. Lazimnya teori aliran arus mengabaikan aliran elektron dan menyatakan aliran arus adalah dari positif ke negatif. Untuk mengelakkan kekeliruan pada pelajaran ini menggunakan konsep aliran elektron yang menyatakan aliran elektron dari negatif ke positif.

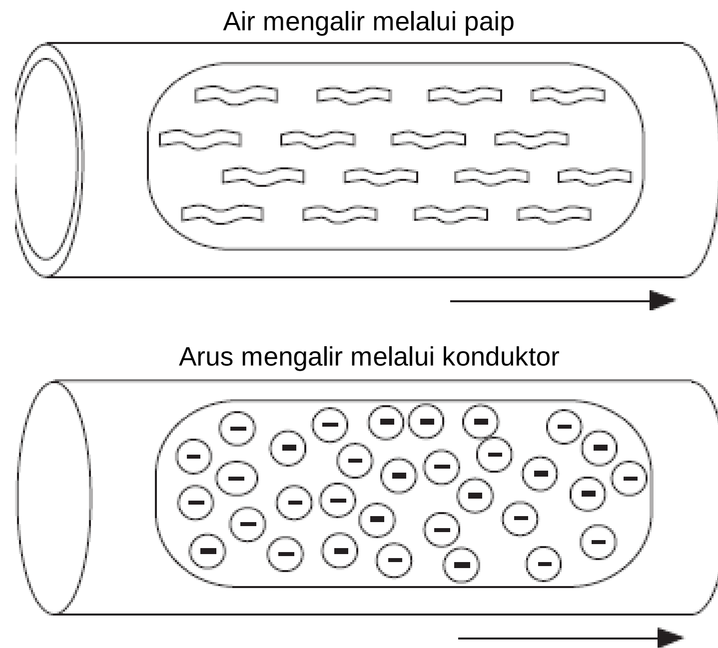


Arah aliran elektron

Pendapat lazim aliran arus

VOLTAN

Elektrisiti beleh diumpamakan dengan air yang mengalir melalui paip, daya tekanan diperlukan untuk menolak air mengalir melalui paip. Tekanan ini datangnya sama ada dari pum atau graviti. Voltan adalah daya tekanan yang dikenakan pada konduktor yang menyebabkan arus elektrik mengalir.



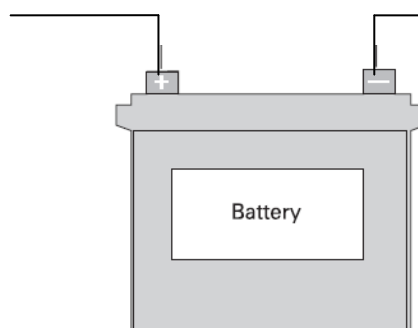
Kuasa yang diperlukan untuk membuat elektrisiti mengalair melalui konduktor disebut perbezaan upaya, daya gerak elektrik (d.g.e) atau electromotive force (emf), secara mudahnya dirujuk sebagai voltan. Simbol yang digunakan sama ada E atau V. Unit ukuran voltan ialah volt.

Sumber elektrik

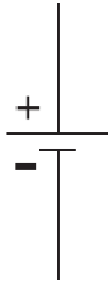
Voltan elektrik boleh dihasilkan dengan berbagai cara. Bateri menggunakan menggunakan elektro-kimia dalam proses menghasilakan elektrik. Kenderaan menggunakan dinamo arus tukar (alternator) dan stesen janakuasa menafaatkan proses aruhan magnetik (magnetic induction) untuk mendapatkan elektrik. Sumber voltan berkongsi sifat kelebihan elektron pada satu terminal dan kekurangan pada satu terminal. Menghasilkan beza upaya (difference of potential) antara dua terminal.

kurang elektron
(shortage)

Lebih elektron
(excess)



Simbol voltan dalam litar
Simbol terminal pada bateri ditunjukkan seperti dalam rajah. Garaiasan panjang adalah terminal positif dan garisan pendek adalah terminal negatif.

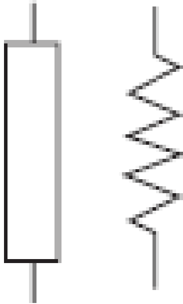


Unit ukuran voltan

	Simbol	Nilai
1 kilovolt	1 kV	1000V
1 milivolt	1 mV	1/1000V
1 microvolt	1μV	1/1,000,000V

RINTANGAN (RESISTANCE)
Fakta ketiga yang memainkan peranan dalam litar elektrik ialah rintangan (resistance). Semua bahan menghalang pengaliran arus elektrik mengikut takat tertyentu. Banyaknya rintangan bergantung kepada gabungan antara panjang, keratan rentas (cross-section) dan suhu ikatan bahan.
Rintangan pada konduktor akan meningkat bila panjang bertambah dan keratan rentas berkurang. Simbol rintangan adalah R dan unit ukurannya adalah ohms (Ω).

Simbol litar rintangan
Terdapat dua simbol yang selalu digunakan dalam lukisan elektrik yang menunjukkan rintangan.



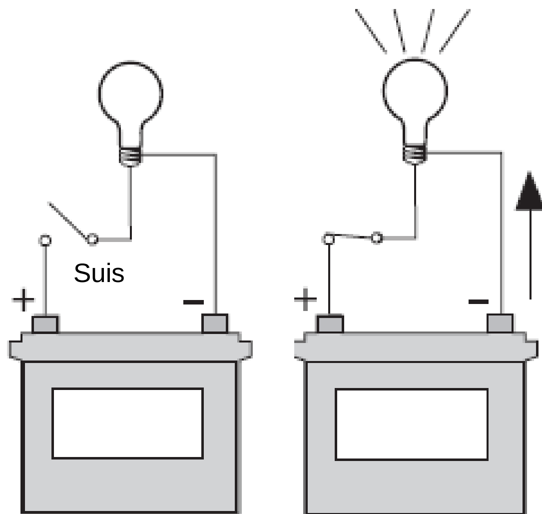
Rintangan boleh didapati di dalam berbagai komponen. Perintang (resistor) boleh diletak dalam litar atau lain-lain peralatan yang mengandungi perintang.

Unit ukuran rintangan

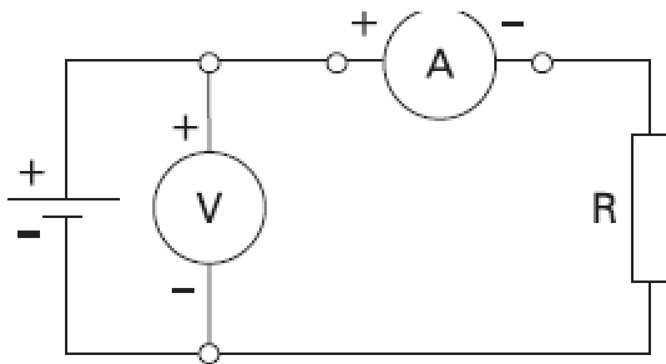
	Simbol	Nilai
1 kiloohms	1 kΩ	1000 Ω
1 megaohms	1 MΩ	1,000,000 Ω

LITAR MUDAH ELEKTRIK

Litar elektrik
Asas perhubungan telah pun antara arus, voltan dan rintangan. Satu litar mudah diperbuat menunjukkan bekalan voltan, beban dan konduktor yang mengalirkan elektron antara voltan bekalan dan beban. Litar berikut menunjukkan bateri sebagau sumber voltan, wayar sebagai konduktor dan lampu sebagai perintang. Komponen tambahan yang diperlukan di dalam litar ialah suis.
Memerlukan jalan yang lengkap untuk arus mengalir. Jika suis dibuka lampu tidak menyala dan jika suis ditutup lampu akan menyala. Ini kerana dengan menutup suis, elektron telah dibenarkan meninggalkan terminal negatif dan mengalir melalui lampu dan terus ke terminal positif.



Litar skimatik elektrik
Skimatik berikut menunjukkan litar elektrik yang terdiri daripada bateri, perintang, voltmeter dan ammeter. Ammeter disambung siri dalam litar untuk mengukur arus yang mengalir. Voltmeter di sambug selari dengan sumber voltan dan menunjukkan nilai voltan bekalan dari bateri. Sebelum analisa dapat dilakukan dari litar ini, kefahaman tentang Hukum Ohms diperluka.



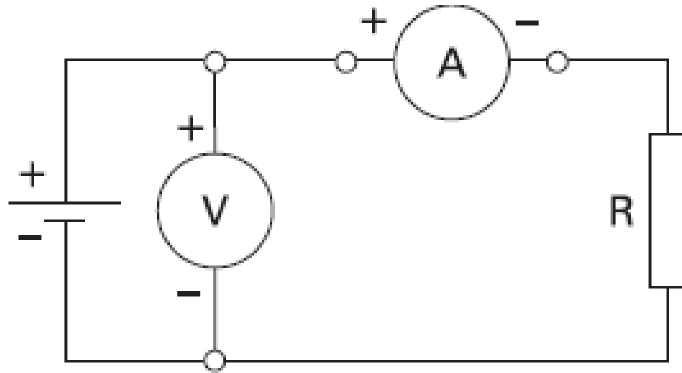
HUKUM OHMS

Formula perhubungan antara arus, voltan dan rintangan telah diketahui pada kurun ke 19. Hukum Ohms menyatakan arus berubah mengikut voltan dan balikan dengan rintangan. Formulanya seperti berikut:

$I = \frac{E}{R}$ atau Arus $= \frac{Voltan}{Rintangan}$

Hukum Ohms adalah formula asas yang digunalan di dalam semua litar elektrik.

Contoh penggunaan Hukum Ohms
Dengan menggunakan litar di bawah katakan voltan bekalan bateri ialah 10 volt dan perintangnya ialah 5Ω.



Berapakah arus yang digunakan.

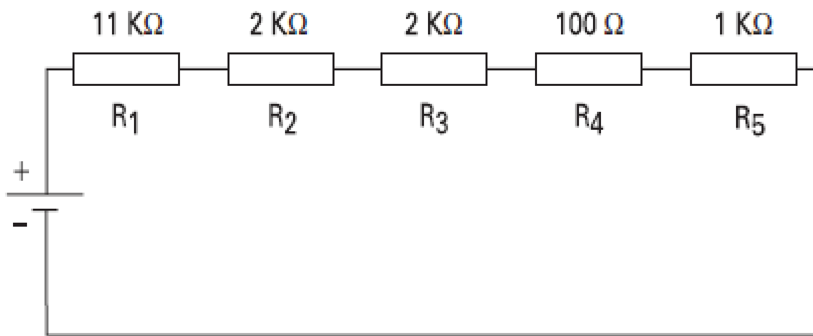
$I = \frac{E}{R}$ → $I = \frac{10volt}{5\Omega}$ → I = 5 amps.

Menggunakan litar yang sama, katakan bacaan ammeter ialah 200mA dan rintangannya 10Ω. Kira nilai voltan yang diperlukan.

E = I x R → E = 0.2 x 10 → E = 2 volt.

LITAR SIRI DC

Rintangan dalam litar siri dan formula



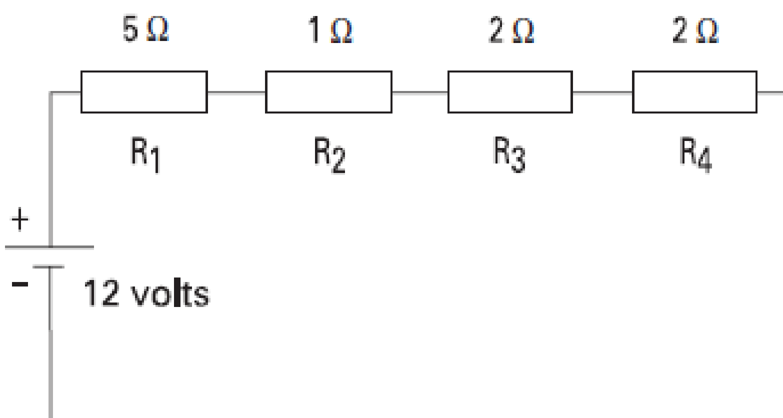
Rt = R1 + R2 + R3 + R4

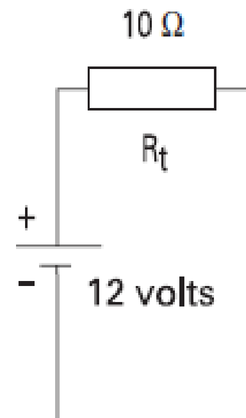
Diberikan litar siri di mana R1= 11kΩ , R2 = 2kΩ, R3 = 2kΩ, R4 = 100 Ω dan R5 = 1kΩ. Berapakah jumlah nilai rintangan.

Rt = R1 + R2 + R3 + R4 + R5
Rt = 11000 + 2000 + 2000 + 100 + 1000
Rt = 16000Ω

Arus dalam litar siri

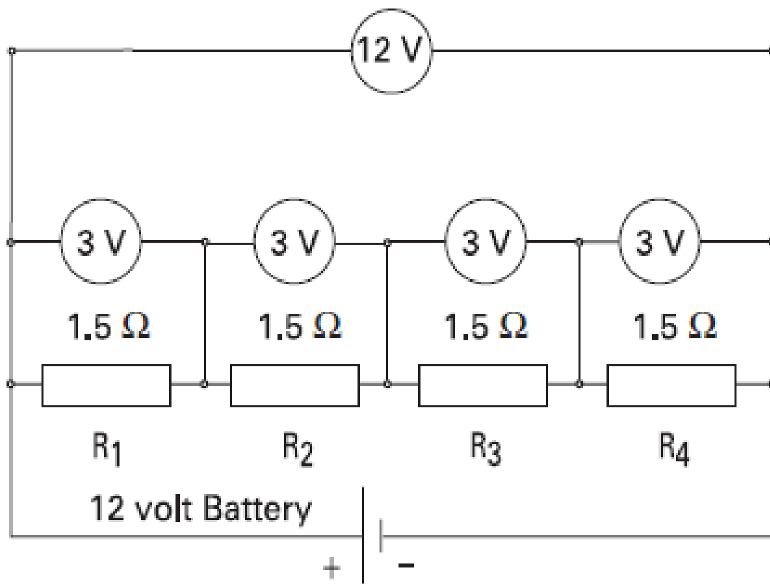
I = $\frac{E}{R}$ **I** = $\frac{12}{10}$ **I=1.2 amps**





Litar asal **Litar setara**

Voltan dalam litar siri
Voltan boleh diukur melintasi tiap rintangan dalam litar, ini dirujuk sebagai susutan voltan (voltage drop).



Jumlah rintangan:
Rt = 1.5 +1.5 + 1.5 +1.5
Rt = 6Ω

Nilai arus:

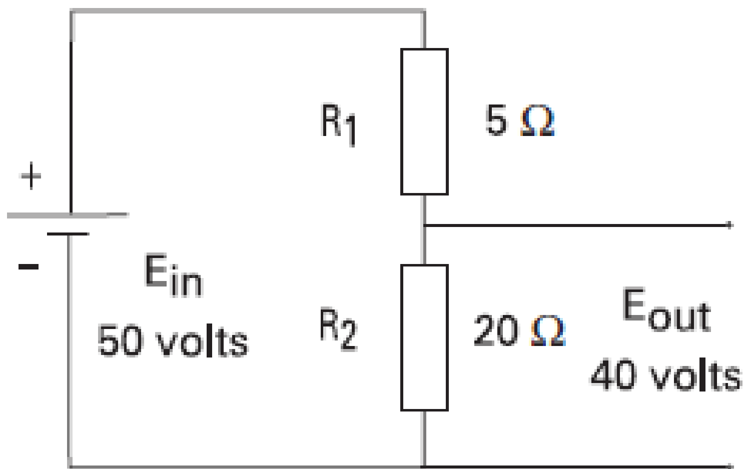
$I = \frac{E}{R}$

$I = \frac{12}{6}$

I = 2 amps

Nilai voltan melintasi rintangan:
E = I x R
E = 2 x 6
E = 12 volts

Pecahan voltan dalam litar siri
Seringkali diperlukan untuk mencari keupayaan voltan (potential voltage) yang lebih kecil dari voltan bekalan. Untuk itu pecahan voltan seperti dalam lukisan boleh digunakan.



Rintangan- Rt = R1 + R2
Rt = 5 + 20
Rt = 25 Ω

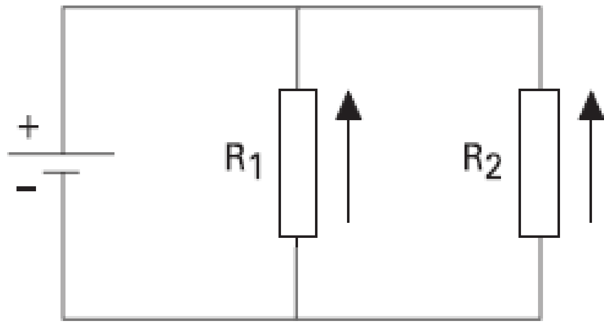
Arus- $I = E_{in}/R_t$
$I = 50/25$
I = 2 amps

Voltan R2- Eout = I x R_2

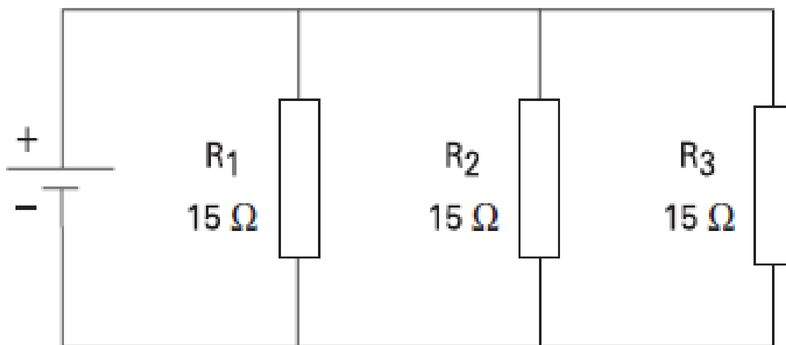
Eout = 2 x 20
Eout = 40 volts

LITAR SELARI DC

Rintangan dalam litar selari



Formula untuk rintangan sama nilai dalam selari

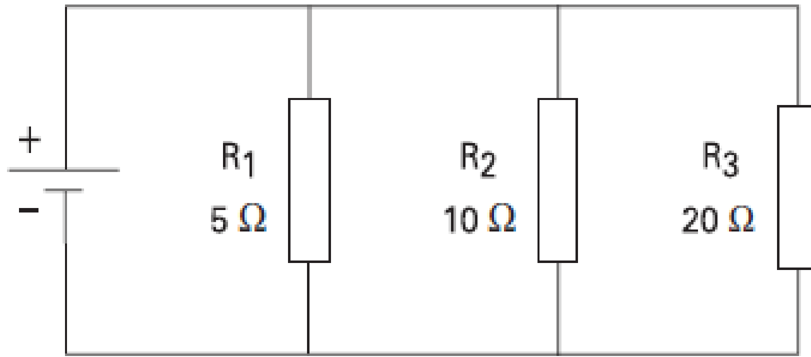


Rt $= \frac{[nilai\ pada\ satu\ rintangan]}{[bilangan\ rintangan]}$

Rt $= \frac{15}{3}$

Rt = **5** Ω

Formula untuk rintangan tak sama nilai dalam selari
Terdapat dua formula yang digunakan untuk litar jenis ini.
Formula pertama digunakan jika terdapat tiga atau lebih perintang dipasang dalam litar:



$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{20}$$ ← masukkan nilai rintanagan

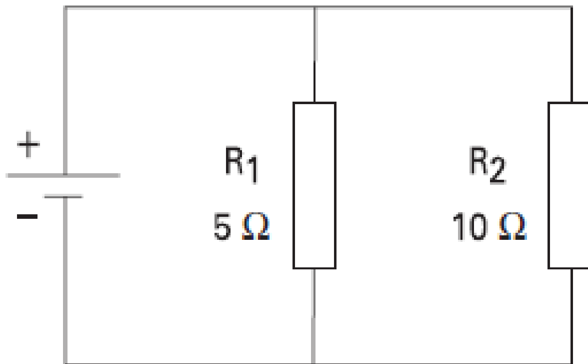
$$\frac{1}{R_t} = \frac{4}{20} + \frac{2}{20} + \frac{1}{20}$$ ← jadikan pecahan pembawah yang sama

$$\frac{1}{R_t} = \frac{7}{20}$$ ← jumlahkan

$$\frac{R_t}{1} = \frac{20}{7}$$ ← terbalikkan persamaan

$R_t = 2.86\Omega$ ← bahagi

Formula ke dua jika hanya terdapat dua rintangan sahaja:



$R_t \; = [\frac{[R_1 * R_2]}{[R_1 + R_2]}]$

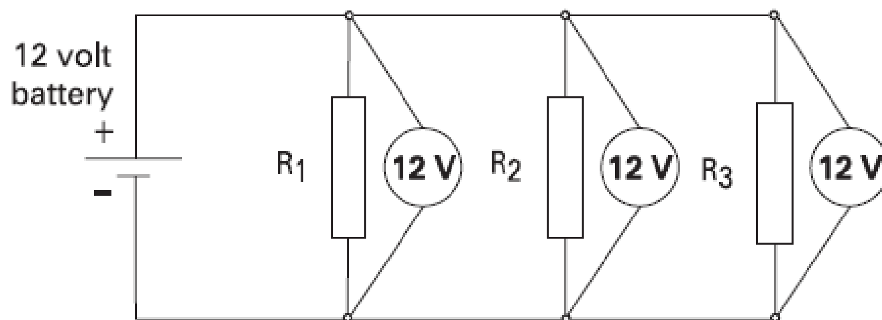
$R_t \; = [\frac{[R_1 * R_2]}{[R_1 + R_2]}]$

$R_t \; = [\frac{[5*10]}{[5+10]}]$

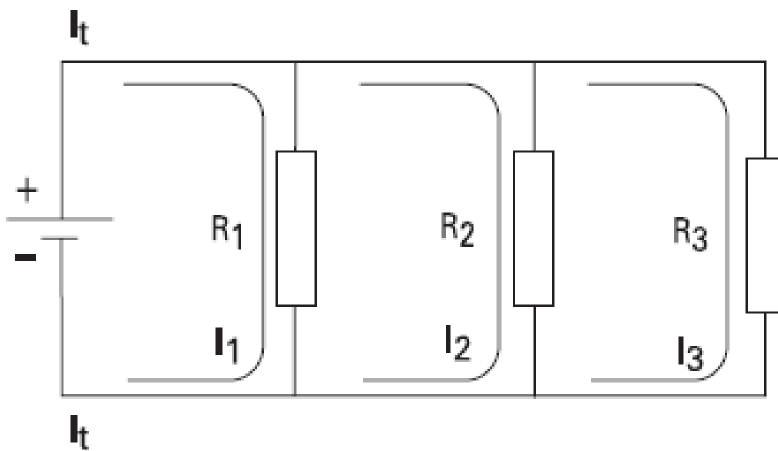
$R_t = \frac{50}{15}$

R_t = **3.33Ω**

Voltan dalam litar selari
Bila rintangan diletak selari dengan voltan bekalan, volatan adalah sam a pada setiap rintangan. Lakaran menunjukkan bila tiga rintanagan diletakkan selari dengan 12 volt bateri, bacaan 12 volt akan didapati pada setiap rintangan.



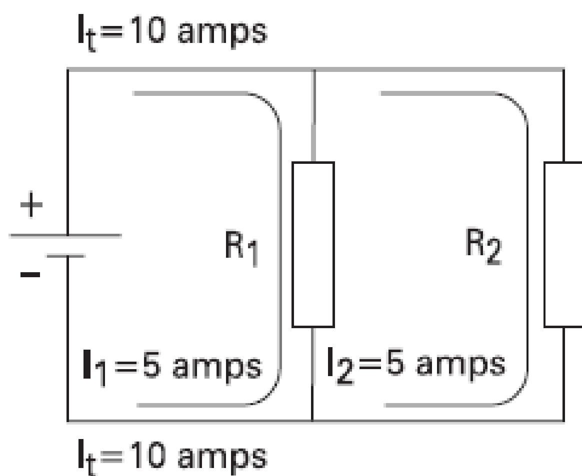
Arus dalam litar selari
Arus yang mengalir di dalam litar dibahagi kepada arus yang mengalir pada cawangan litar.



Jumlah arus yang digunakan ialah hasil campur arus cawangan litar.

$I_t = I_1 + I_2 + I_3$

Arus melalui rintangan sama nilai di dalam litar selari
Bila rintangan sama nilai diletak dalam litar selari, lawanan arus adalah sama pada setiap cawangan. Litar berikut mempunyai rintangan yang sama nilai. Jika arus total adalah 10 amps, maka arus sebanyak 5 amps akan mengalir melalui R1 dan R2.

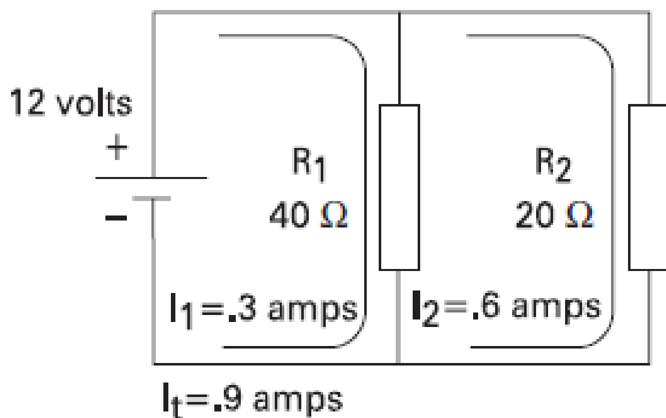


$I_t = I_1 + I_2$

I_t =5 amps + 5 amps

I_t = 10 amps

Arus melalui rintangan tak sam nilai di dalam litar selari
Bila perintang tak sama nilai diletakkan di dalam litar selari, lawanan aliran arus tidak sama pada setiap cawangan litar. Arus akan ringgi di bahagian yang kurang rintangan.



Mengikut Hukum Ohms jumlah arus bagi setiap litar boleh didapati.

$I_1 \ = \frac{E}{R_1}$

$I_1 \ = \frac{12volt}{40\Omega}$

$I_1 \ = 0.3amps$

$I_2 \ = \frac{E}{R_2}$

$I_2 \ = \frac{12volt}{20\Omega}$

$I_2 \ = 0.6amps$

$I_t = I_1 + I_2$

I_t =0.3 amps + 0.6 amps

I_t = 0.9 amps

Jumlah arus juga boleh dikira dengan mengira jumlah rintangan terlebih dulu, kemudian selesaikan menggunakan Hukum Ohms.

Rt $= [\frac{[R_1*R_2]}{[R_1+R_2]}]$

Rt$= [\frac{[40\Omega*20\Omega]}{[40\Omega+20\Omega]}]$

Rt $= \frac{800\Omega}{60\Omega}$

$R_t = 13.333\Omega$

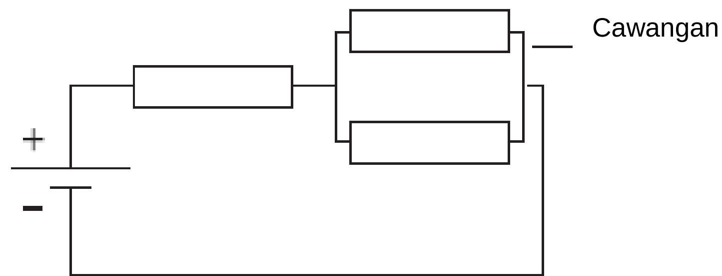
It$= \frac{E}{R_t}$

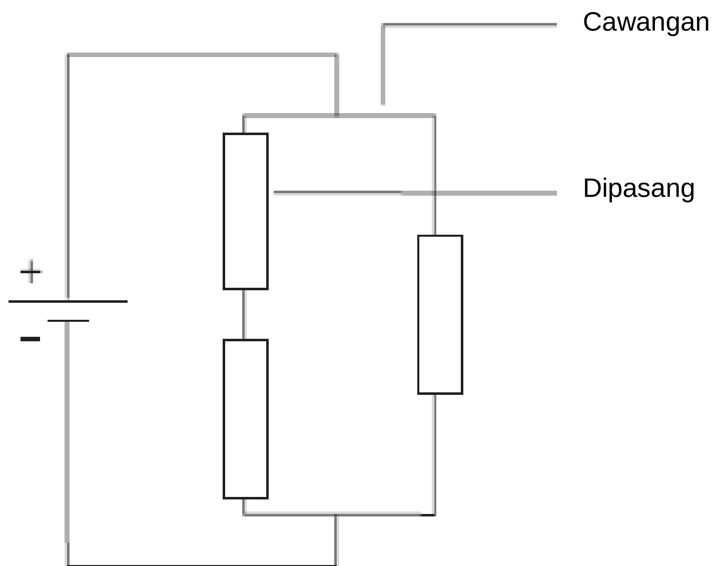
It$= \frac{12volts}{13.333\Omega}$

$I_t = 0.9amps$

LITAR SIRI-SELARI

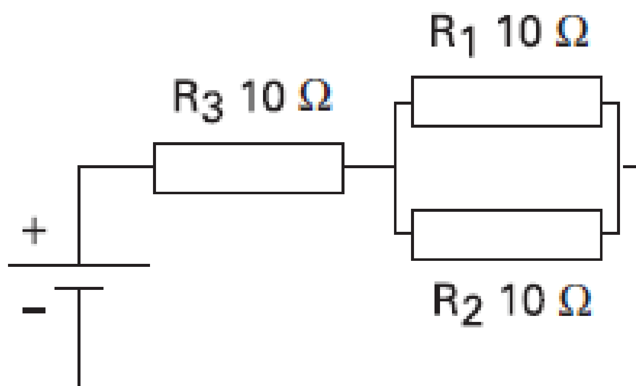
Litar sisi-selari dikenali juga sebagi litar komplek. Sekurang-kurangnya tiga perintang untuk membentuk litar siri-selari.





Siri-selari dalam litar siri

Formula untuk menyelesaikan masalah arus, voltan dan rintangan telah ditetapkan. Untuk masalah litar siri-elari, pecahkan litar komplek kepada dua litar ringkas.



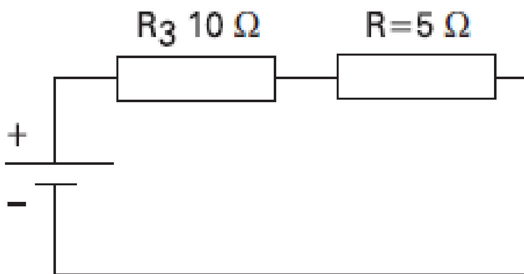
Mula-mula gunakan formula untuk cari jumlah rintangan litar selari R1 dan R2. Bila perintang dalam litar selari dibahagi, formula diberikut digunakan.

R = $\frac{[\textit{nilai salah satu perintang}]}{[\textit{bilangan perintang}]}$

R = $\frac{10\Omega}{2}$

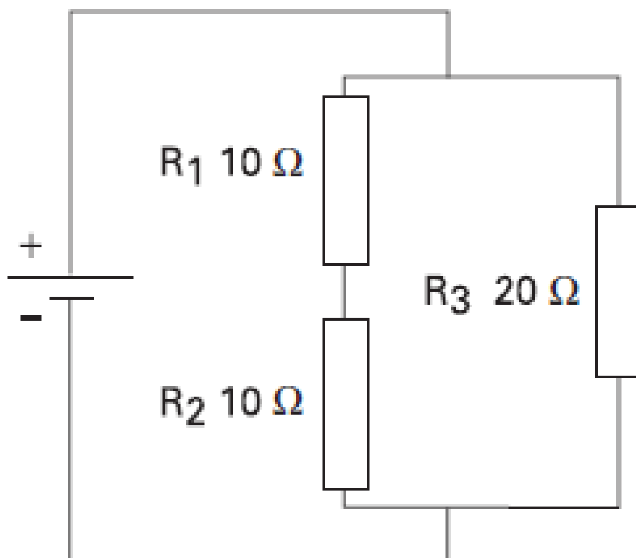
R = 5Ω

Kemudian, lukis semula litar yang menunjukkan nilai sama. Hasilnya ialah litar siri yang mudah diselesaikan.



Mempermudahkan litar siri-selari kepada litar selari

Ilustrasi berikut R1 dan R2 di dalam siri, manakala R3 di dalam litar siri antara R1 dan R2.



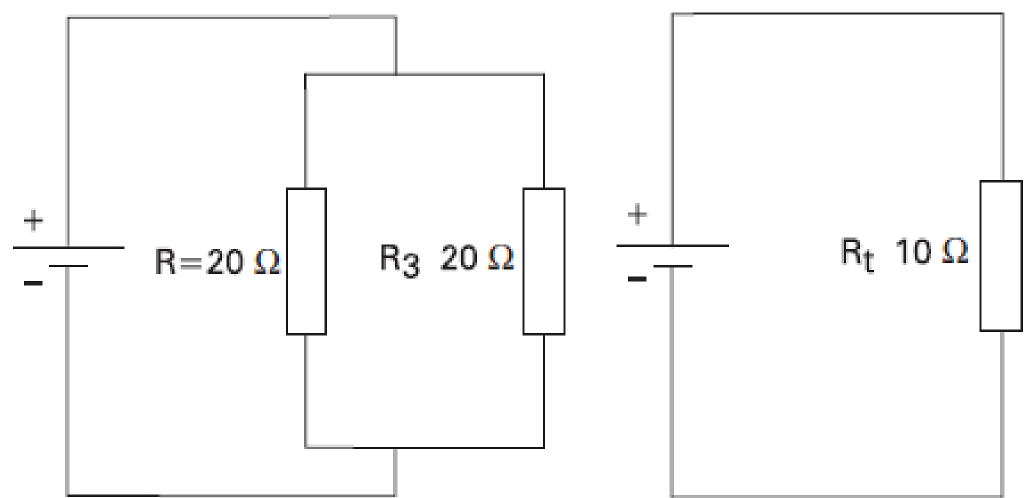
Mula-mula guna formula untuk mencari jumlah rintangan litar siri R1 dan R2. Formula berikut digunakan.

R = R1 + R2

R = 10Ω + 10Ω

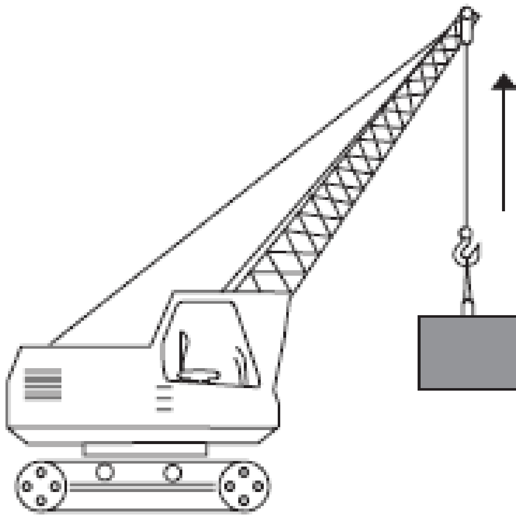
R = 20Ω

Kemudian, lukis semula litar yang menunjukkan persamaan. Hasilnya ialah satu litar selari yang mudah diselesaikan.



KUASA (POWER)

Kerja (woork)
Apa saja daya yang diperlukan untuk bergerak, bermakna perlaksanaan kerja diperlukan. Ilustrasi berikut menunjukkan kerja telah dilakukan bila daya mekanikal digunakan untuk mengangkat beban. Jika ada daya tampa pergerakkan, maka taiada kerja dilakukan.



Kuasa elektrik
Di dalam litar elektrik, voltan diberikan kepada konduktor yang menyebabkan aliran elektron. Voltan adalah daya dan aliran elektron adalah pergerakkannya. Kadaran kerja ini disebut kuasa (power) dan diberi simbol P. Kuasa diukur dalan watt dan simbolnya W. Watt didefinasikan sebagai kerja yang telah dibuat dalam litar bila 1 amp arus mengalir bersama 1 volt voltan yang diberi.

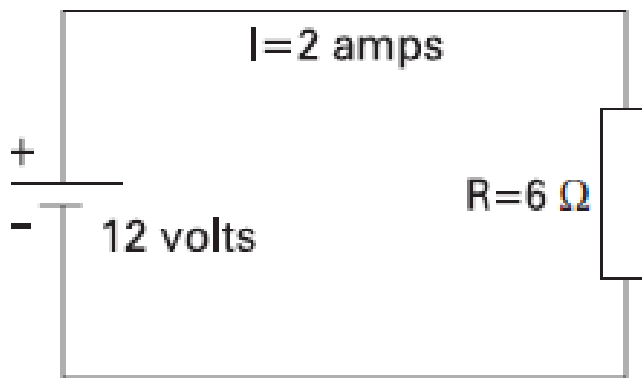
Formula kuasa
Kuasa digunakan di dalam perintang bergantung pada jumlah arus yang mengalir melalui perintang pada voltan tertentu. Ia dinyatakan sebagai voltan kali arus (voltage times current).

P = E x I atau P = EI

Kuasa juga boleh dikira dengan penggantian komponen Hukum Ohms.

P = I^2R dan P = E^2/R

Penyelesaian masalah kuasa
Ilustrasi kuasa berikut boleh dikira menggunakan sebarang formula kuasa.



a) P = EI
P = 12 volt x 2 amps
P = 24 watt

b) P = I^2R
P = $(2amp)^2$ x 6Ω
P = 4 X 6
P = 24 watt

c) P = E^2R
P = $(12volt)^2$/6
P = 144/6
P = 24 watt

Kadaran kuasa peralatan
Kadaran peralatan elektrik ialah dalam watt. Kadaran ini menunjukkan tarif di mana peralatan elektrik menukar kuasa elektrik kepada satu daya, sepert memanas atau lampu. Kebanyakan lampu rumah ditarfkan untuk 120 volt dan 100 watt.
Menggunakan Hukum Ohms, nilai kadaran rintangan lampu ini boleh dikira.

P = E^2/R menjadi R = E^2/P
R = $120\ volt^2$/ 100 watt
R = 144Ω

Menggunakan asas Hukum Ohms, jumlah arus yang mengalir untuk 120 volt, 100 watt lampu boleh dikira.

I = E / R
I = 120 volt / 144Ω
I = 0.833 amp.

Tarif lampu untuk 120 volt dan 75 watt ialah rintangan 192 Ω dan arus 0.625 amp mesti mengalir jika lampu diberikan kadaran voltan.

i) R = E^2/ P
R = $120\ volt^2$/ 75 watt
R = 192Ω

ii) I = E / R
I = 120 volt / 192 Ω
I = 0.625 amps

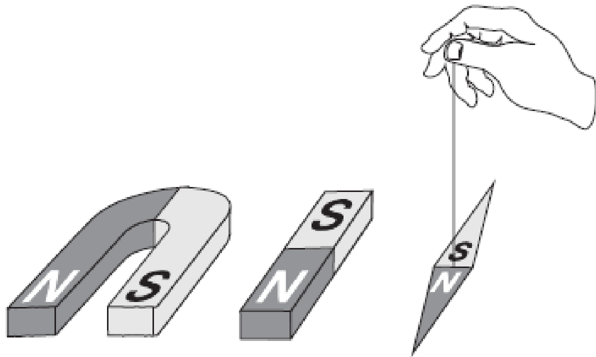
Dapat dilihat bahawa lampu 100 watt mengubah ten ga lebih cepat dari lampu 75 watt. Lampu 100 watt memberikan lampu lebih terang dan kepanasan.

Haba(heat)

Aliran arus melalui bahan perintang menyebabkan haba (kepanasan). Komponen elektrik akan rosak jika suhu haba terlampau tinggi. Atas sebab ini, peralatan elektrik selalunya mempunyai kadaran watt maksimum. Lebih tinggi kadaran watt, lebih banyak haba dikeluarkan dari peralatan.

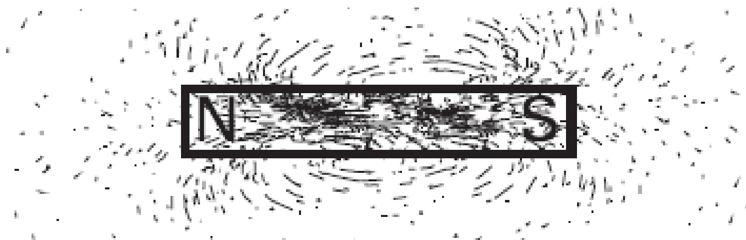
KEMAGNETAN (MAGNETISM)
Asas kemagnetan adalah salah satu bahagian dari elektrisiti. Elktromagnet digunakan di dalam beberapa litar arus terus (DC). Arus ulangalik (AC) tidak akan difahami tanpa memahami kemagnetan terlebih dulu.

Jenis-jenis magnet
Tiga jenis magnet yang biasa ialah ladam kuda, batang (bar) dan jarum kompas.

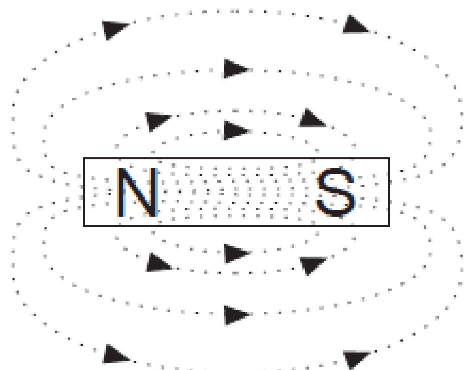


Magnet mempunyai dua sifat. Ianya tertarik dan melekat pada besi. Jika dalam kedudukan bebas, seperti jarum kompas, magnet akan sentiasa menunjuk ke arah utara dan selatan.

Flux garisan magnet.
Setipa magnet mempunyai dua kutub, utara dan selatan. Ini adalah punca di mana tarikan maksimum wujud. Flux garisan magnet (yang tidak kelihatan) meninggalkan kutub utara dan pergi ke kutub selatan. Sementara garisan flux yang tidak kelihatan, kesan medan magnet boleh dilihat. Bila sekeping kertas diletakkan di atas magnet dan serbuk besi ditaburkan di atas kertas tersebut, maka serbuk besi ini akan menunjukkan pergerakan garisan flux.

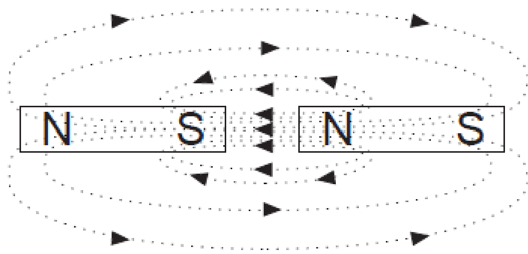


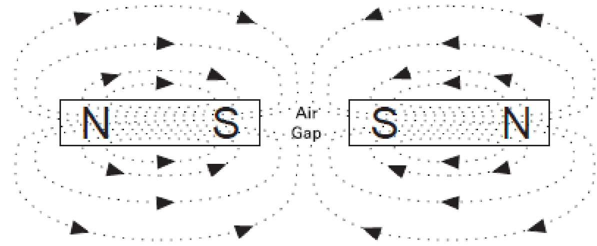
Melalui garisan lukisan yang di buat mengenai pergerakan serbuk besi, gambaran berikut diperolehi.



Garisan bertitik menunjukkan jalan garisan flux magnet. Garisan medan wujud di luar dan di dalam magnet. Flux garisan magnetik sentiasa dalam ‘closed loops”. Flux garisan magnet meninggalkan kutub utara dan masuk ke kutub selatan, kembali semula ke kutub utara melalui magnet.

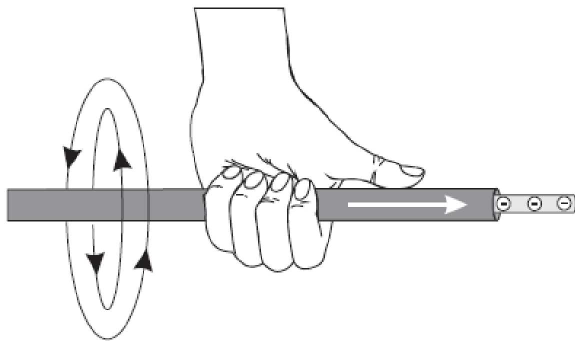
Interaksi antara dua magnet
Bila dua magnet di dekatkan bersama, flux medan magnet akan menyebabkannya berinteraksi. Dua kutub yang berlainan akan menarik antara satu sama lain. Manakala dua kutub yang sama kan menolak antara satu sama lain.



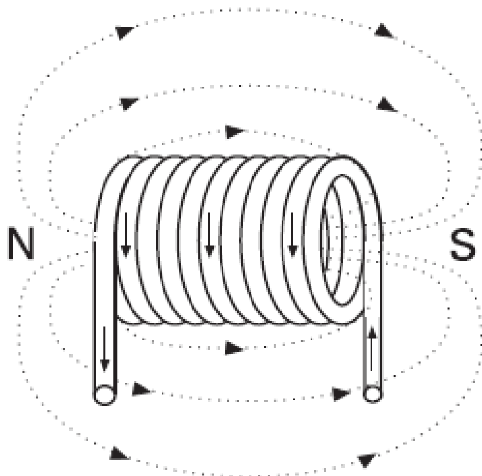


ELEKTROMAGNETIK

Peraturan tangan kiri untuk konduktor
Medan elektromagnet ialah medan magnet yang terhasi dari aliran arus dalam konduktor. Apabila arus mengalir medan magnet wujud di sekeliling konduktor. Semua arus elektrik menghasilkan medan magnet. Penyataan berikut menunjukkan perhubungan yang wujud antara arah aliran arus dan arah medan magnet. Peraturan tangan kanan untuk konduktor menunjukkan perhubungan itu. Jika konduktor pembawa arus digenggam dengan tangan kiri, ibu jari menunjuk arah aliran lektron, jari lain akan menunjukkan arah garisan flux magnetik.

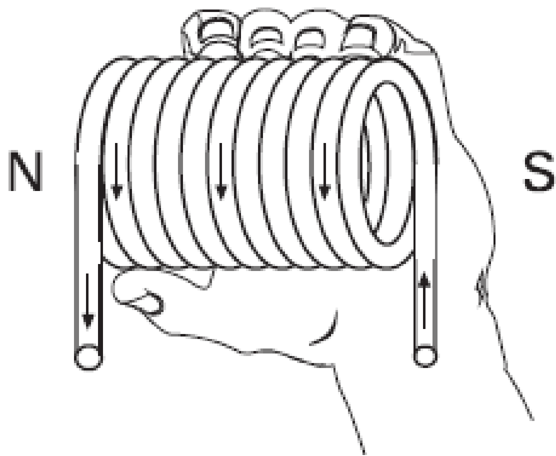


Lilitan (coil) pembawa arus
Lilitan wire yang membawa arus akan bertindak seperti magnet. Medan individu akan bercampur bersama membentuk satu magnet. Kekuatan magnet akan bertambah dengan menambah pusingan lilitan. Kekuatannya juga boleh ditambah dengan meningkatkan arus.



Peraturan tangan kiri untuk lilitan

Peraturan ini wujud untuk lilitan untuk menunjukkan arah medan magnet. Semua jari kiri yang memegang lilitan menunjukkan arah aliran elektron. Ibu jari pula menunjukkan kutub utara lilitan.



Elektromagnet

Elektromagnet ialah gabungan lilitan wire melilit sekeliling teras. Teras biasanya dari “soft iron” membawa kekuatan garisan magnetik dengan hubungan mudah. Bila arus masuk melalui lilitan, teras menjadi magnet. Kemampuannya untuk mengawal kekuatan dan arah tekanan magnet membuatkan elektromagnet amat berguna. Seperti magnet kekal, kutub berlainan menarik. Elektromagnet berkebolehan mengawal kekuatan medan dengan mengawal kekuatan kutub magnetik.

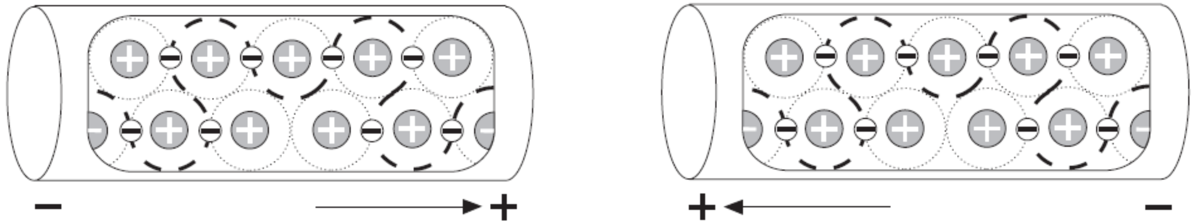
Variasi besar peralatan elektrik seperti motor-motor, pemutus litar, contactor, relay dan pemula motor menggunakan prinsip elektromagnetik.

PENGENALAN AC

Bekalan arus elektrik untuk peralatan boleh datang dari arus terus (DC) atau arus ulangalik (AC).

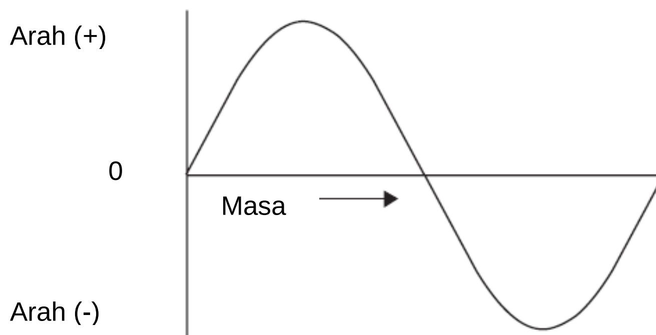
Pada elektrisiti arus terus, elektron mengalir berterusan dalam satu arah dari punca kuasa melalui konduktor ke beban dan balik semula ke punca kuasa. Voltan dalam arus terus sentiasa tetap. Punca kuasa DC termasuk bateri dan penjana DC.

Dalam arus ulangalik di mana penjana AC digunakan untuk membuat elektron mengalir mulanya dalam satu arah kemudian dalam arah tang lain. Nama lain bagi penjana AC ialah alternator. Penjana AC menukar kekutuban terminal (terminal polarity) beberapa kali dalam sesaat. Elektron akan mengalir melalui konduktor dari terminal negatif ke terminal positif, mulanya dari satu arah kemudian ke arah yang lain.



Gelombang sinus (sinus wave) AC

Voltan dan arus ulangalik berselang secara berterusan. Grafik di bawah menunjukkan gelombang sinus. Gelombang sinus boleh menunjukkan arus atau coltan. Ia ada dua paksi. Paksi menegak (vertical) menunjukkan arah dan magnitud arus atau voltan. Paksi mendatar (horizontal) menunjukkan masa.



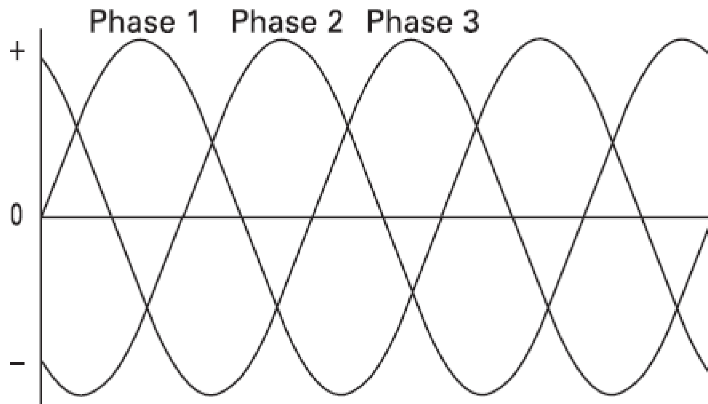
Bila bentuk gelombang (waveform) di atas paksi masa, arus adalah mengalir dalam satu arah. Ini dirujuk sebagai arah positif. Bila bentuk gelombang di bawah paksi masa, arus mengalir dalam arah berlainan. Ini dirujuk sebagai arah negatif.

Gelombang sinus bergerak melalui pusingan lengkap 360°, di mana ia dirujuk sebagai satu kitaran (cycle). Arus ulangalik pergi melalui banyak kitaran seperti ini dalam sesaat. Unit untuk mengukur kitaran per-saat ialah hertz (Hz). Di Malaysia arus ulangalik yang biasa dihasilkan ialah 50Hz.

Kuasa AC, 1-fasa dan 3-fasa

Arus ulangalik dibahagikan kepada jenis satu-fasa dan tiga-fasa. Kuasa satu-fasa digunakan untuk permintaan elektrik yang kecil seperti di rumah. Kuasa tiga-fasa digunakan di mana blok yang besar kuasa diperlukan.

Kuasa satu-fasa adalah seperti ilustrasi di atas, manakala kuasa tiga-fasa ditunjukkan seperti ilustrasi di bawah. Kuasa tiga-fasa di dalam ilustrasi menunjukkan siri berterusan tiga kitaran AC yang bertindih. Setiap gelombang menunjukkan fasa dan ianya 'offset' oleh 120° elektrik.

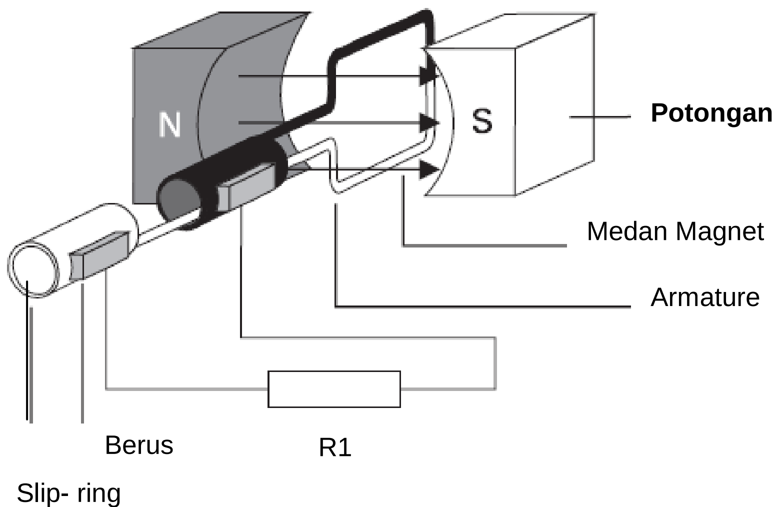


PENJANA (GENERATOR) AC

Asas penjana

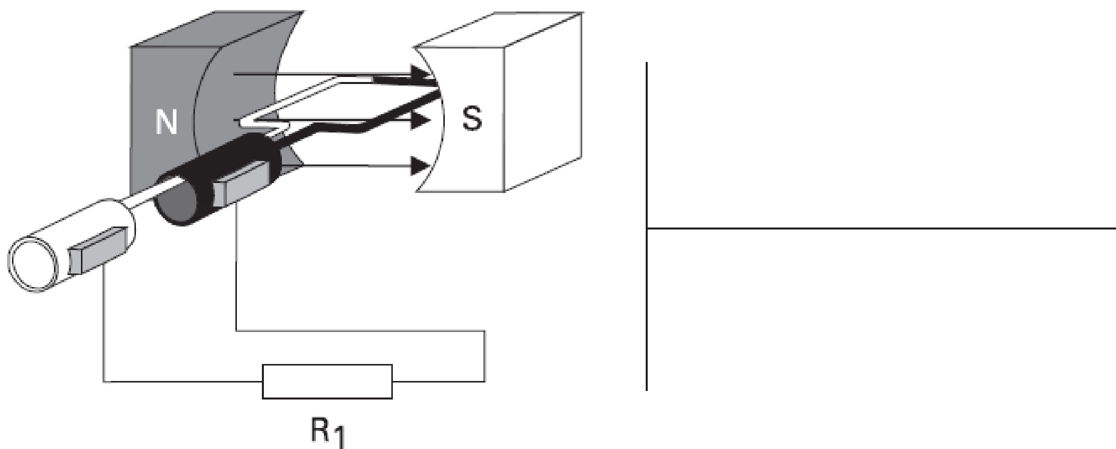
Asas penjana terdiri dari medan magnet, armature, slip-ring, berus dan beban hambatan (resistive load). Medan magnet biasanya ialah elektromagnet. Armature terdiri dari liliten dawai pengalir dalam simpulan (loop) di mana ianya berputar melalui medan magnet. Untuk mudah difaham satu ilustrasi simpulan ditunjukkan di bawah.

Bila konduktor bergerak melalui medan magnet, voltan akan teraruh (induced) di dalam konduktor. Armature yang berputar melalui medan magnet akan menghasilkan voltan pada armature itu dan menyebabkan arus mengalir. Slip-ring yang dipasang pada armature turut berputar sama. Berus-berus karbon yang menyentuh slip-ring dugunakan untuk membawa arus dari armature ke beban hambatan.

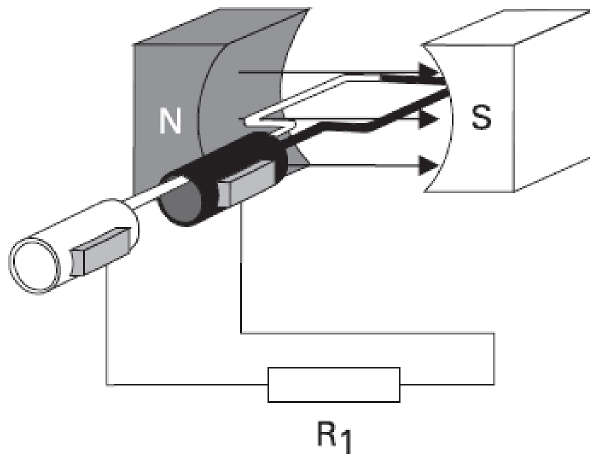


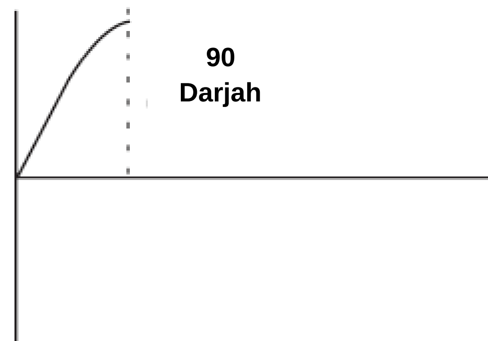
Asas operasi penjana

Armature berputar melalui medan magnet. Pada permulaan kedudukan kosong darjah, armature konduktor bergerak selari dengan medan magnet dan tidak memotong melalui mana-mana garisan magnetik flux. Tiada voltan dihasikan.

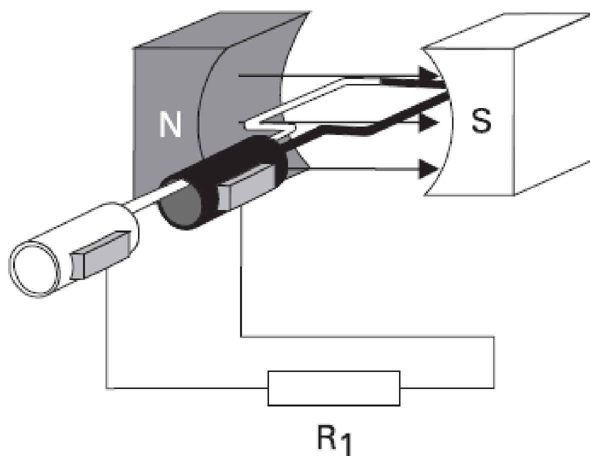


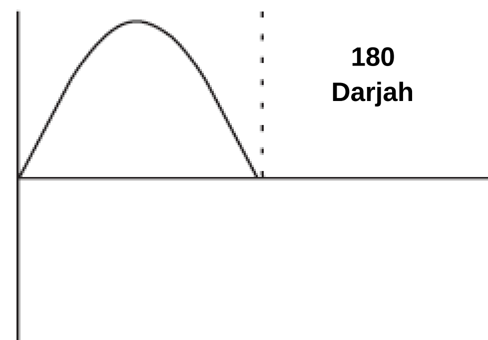
Operasi penjana dari 0 ke 90 darjah
Armature akan berputar dari kosong ke 90 darjah. Konduktor memotong terus menerus garisan flux, membangunkan hingga ke maksimum voltan aruhan dalam arah positif.



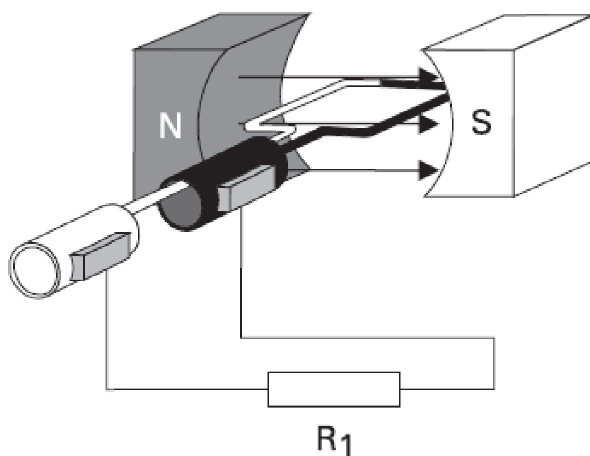


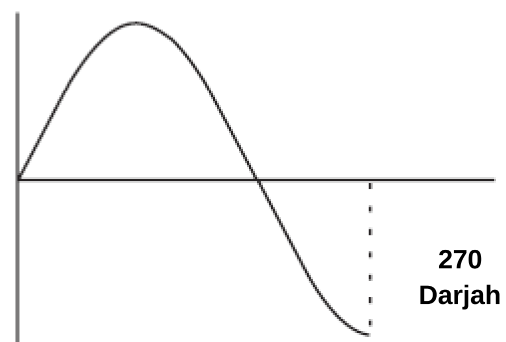
Operasi penjana dai 90° ke 180°
Armature terus berputar dari 90 ke 180 darjah, memotong kurang garisan flux. Voltan aruhan kurang daripada nilai positif maksimum ke kosong.





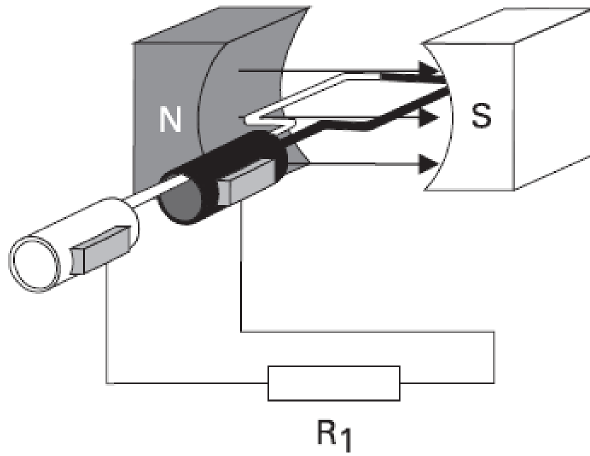
Operasi penjana dari 180° ke 270°
Armature terus berputar dari 180 darjah ke 270 darjah. Konduktor memotong lebih banyak garisan flux, tetapi dalam arah betentangan. Voltan teraruh di dalam arah negatif membangun hingga maksimum pada 270 darjah.

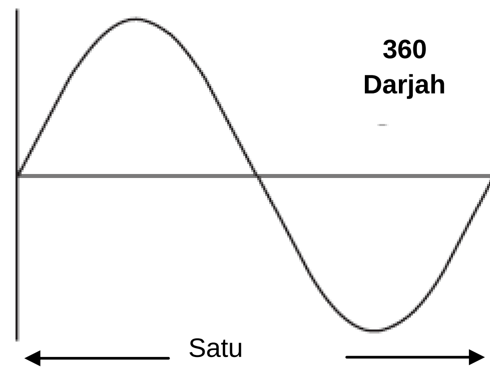




Operasi penjana dari 270° ke 360°

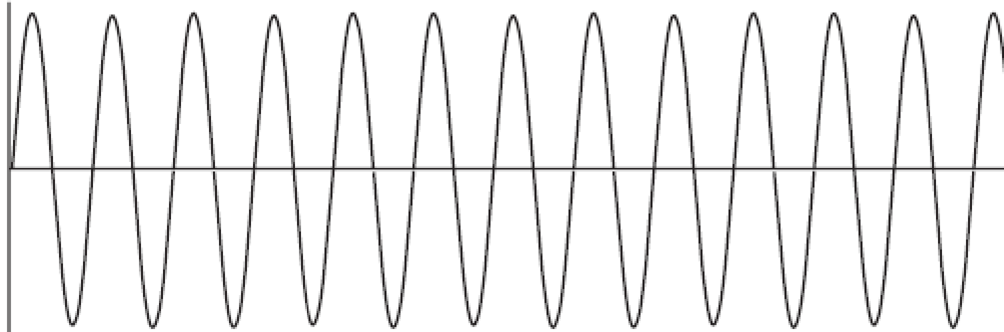
Armature terus berputar dari 270 darjah ke 360 darjah. Voltan aruhan berkurang dari nilai positif maksimum ke kosong. Ini melengkapkan satu kitaran. Armature akan terus berputar pada laju tetap. Kitaran akan berterusan berulangan selagi armature berputar.



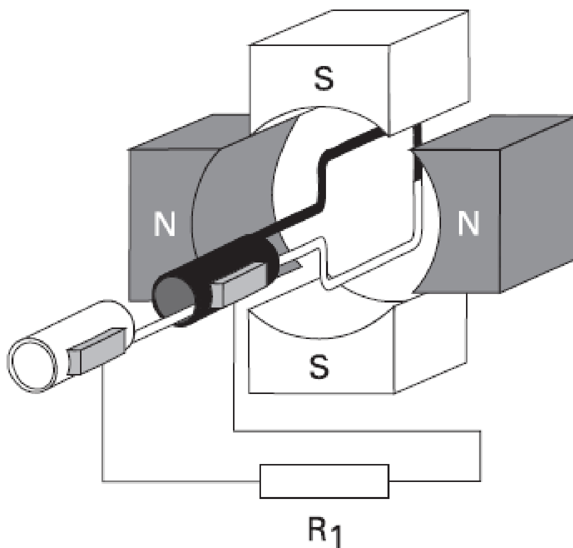


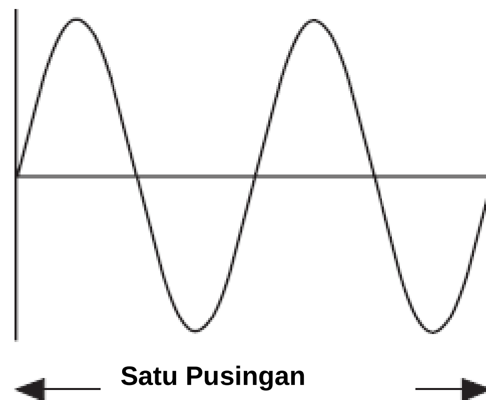
FREKUENSI
Bilangan kitaran sesaat yang dibuat oleh voltan aruhan di dalam armature adalah frekuensi penjana tersebut. Jika armature berputar pada kelajuan 50 pusingan sesaat, ia menhasilkan voltan 50 pusingan (cycle) sesaat. Terma yang diterima untuk pusingan sesaat ialah hertz. Frekuensi nominal (standard) di Malaysia ialah 50 hertz.

Ilustrasi berikut menunjukkan 12.5 kitaran dalam $\frac{1}{4}$ saat di mana membentuk 50 pusingan dalam sat saat.



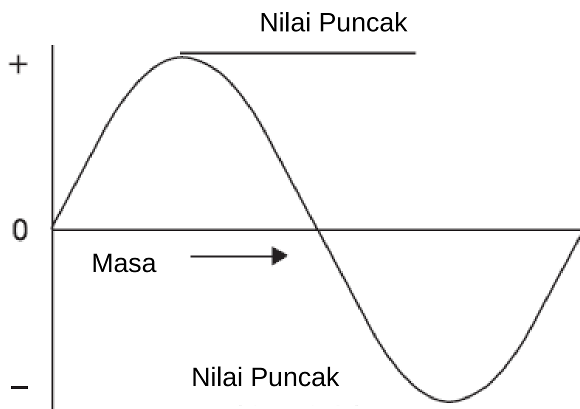
Penjana AC 4-kutub
Frekuesi adalah sama seperti bilangan putaran sesaat jika medan magnet dihasiljan oleh dua kutub. Menambah bilangan kutub, menyebabkan pertambahan bilangan kitaran lengkap di dalam satu pusingan. Penjana dua kutub menjadi lengkap satu kitaran satu pusingan dan penjana empat kutub pula memerlukan dua kitaran lengkap untuk satu pusingan. Penjana AC mengeluarkan satu kitaran satu pusingan untuk setiap pasang kutub.



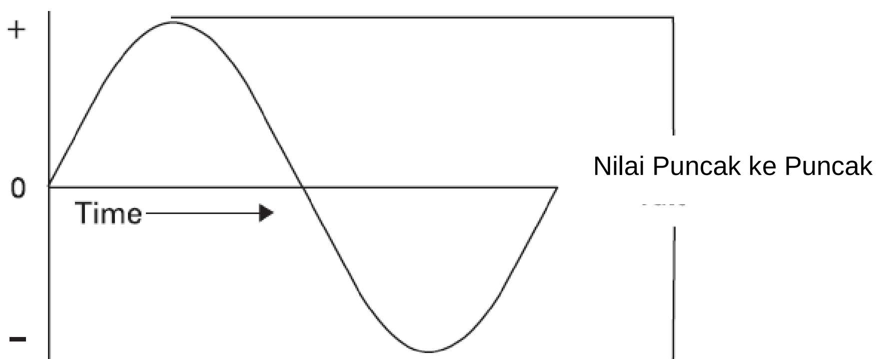


VOLTAN DAN ARUS

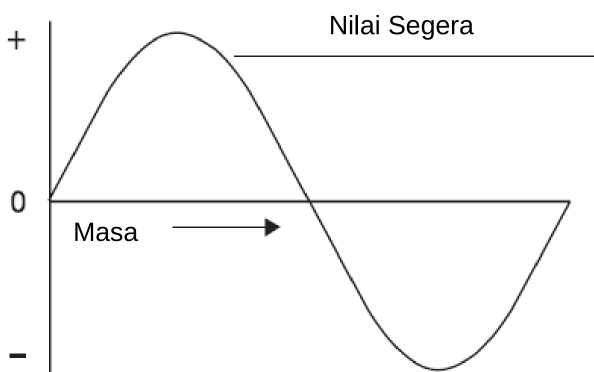
Nilai puncak
Ilustrasi menunjukkan gelombang sinus bagaimana voltan dan arus di dalam litar AC menaik dan turun dengan masa. Nilai puncak gelombang sinus wujud dua kali setiap pusingan, sekali pada nilai positif maksimum dan sekali pada nilai negatif maksimum.



Nilai puncak ke puncak
Nilai voltan atau arus antara puncak positif dan nilai puncak negatif di sebut nilai puncak ke puncak (peak-to-peak value).



Nilai segera (intantaneous value)
Nilai segera ialah nilai pada sebarang sat masa khusus. Ia boleh jadi pada sebarang tempat dari kosong ke nilai puncak.



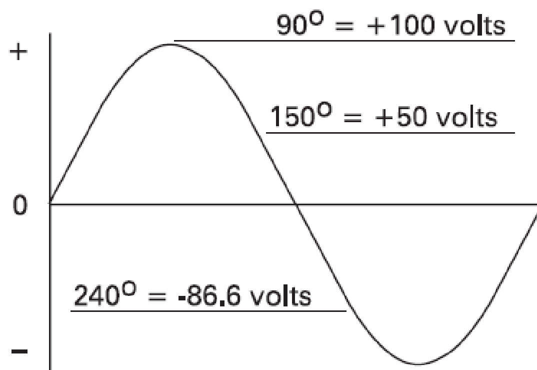
Pengiraan voltan segera (calculating instantaneous voltage)
Bentuk gelombang voltan yang dikeluarkan apabila armature berputar melalui 360 darjah putaran dipanggil gelombang sinus (sine wave) sebab voltan segera (intantaneous voltage) berkait dengan funsi trigonometric dipanggil sinus (sinθ = sudut sinus). Liku sinus (sine curve) diwakili graf persamaan berikut:

e = E_{peak} x sinθ

Voltan segera ialah bersamaan dengan voltan puncak didarab dengan sudut sinus penjana armature. Nilai sinus diperolehi dari jadual trigonometric. Jadual berikut mengambarkan beberapa sudut dan nilai sinusnya.

Sudut	Sin θ	Sudut	Sin θ
30°	0.5	210°	-0.5
60°	0.866	240°	-0.866
90°	1	270°	-1
120°	0.866	300°	-0.866
150°	0.5	330°	-0.5
180°	0	360°	0

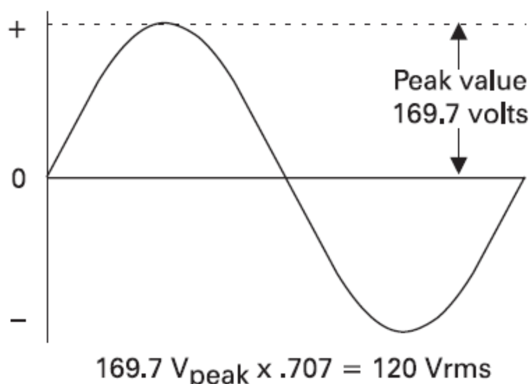
Contoh berikut menunjukkan puncak segera pada 90, 150 dan 240 darjah. Puncak voltan bersamaan dengan 100 volt. Dengan menukar sinus pada nilai sudut segera, voltan segera boleh kira.



Sebarang nilai segera boleh dikira. Contohnya:

240°
e = 100 x –0.866
e = -86.6 volt.

Nilai efektif gelombang sinus AC
Voltan dan arus ulangalik adalah tetap perubahan nilainya. Satu cara untuk mengubah berbagai nilai kepada persamaan tetap nilai diperlukan. Nilai efektif voltan dan arus adalah cara biasa untuk menunjukkan nilai AC. Ia juag dikenali sebagai niali RMS (root mean square). Jika voltan purata di kebanyakkan rumah ialah 120 volt, maka ini adalah nilai RMS tersebut. Bilangan nilai efektif yang keluar ialah 0.707 didaran dengan nilai puncak.

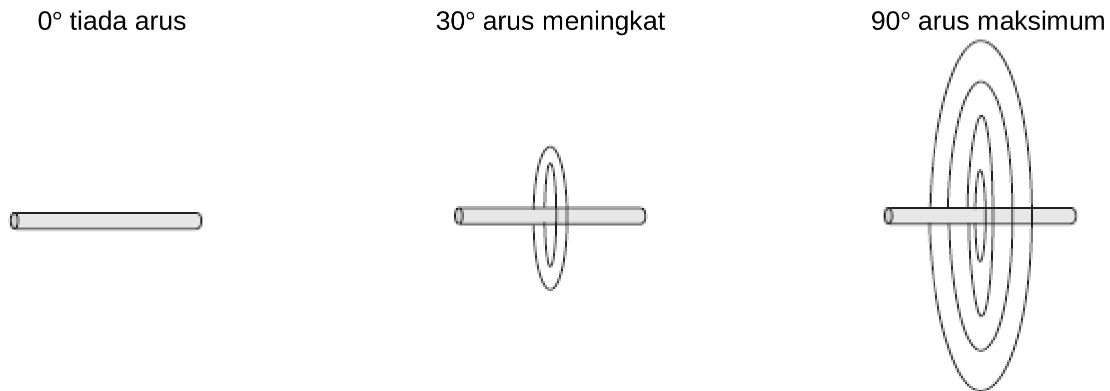


Nilai efektif AC didefinasikan dalam terma yang sama dengan kesan haba bila dibandingkan dengan DC. Satu ampere RMS aliran arus yang melaui rintangan akan menghasilkan haba pada kadar yang sama seperti ampere DC.

Untuk kegunaan mereka bentuk litar, nilai puncak juga diperlukan. Contohnya, tebatan mestilah direkabentuk untuk menahan nilai puncak, bukan sahaja nilai efektifnya. Boleh jadi hanya nilai efektif sahaja yang diketahui. Untuk mengira nilai puncak, darabkan nilai efektif dengan 1.41. Contohnya, jika nilai efetif ialah 100, maka nilai puncaknya ialah 141 volt.

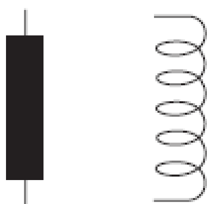
INDUKTAN (INDUCTANCE)
Rintangan dan voltan bukan hanya sifat keperluan litar semata-mata. Induktan adalah sifat liatar elektrik yang mnentang sebarang perubahan dalam arus elektrik. Rintangan menentang aliran arus, induktan pula menentang perubahan dalam aliran arus. Induktan ditandakan sebagai L. Unit ukuran induktan ialah henry (h).

Aliran arus dan kekuatan medan
Arus elektrik menghasilkan medan elektrik di dalam konduktor. Jumlah arus menentukan kekuatan medan magnet. Jika arus mengalir meningkat, medan turut meningkat dan jika arus mengalir kurang, kekuatan medan turut berkurang.

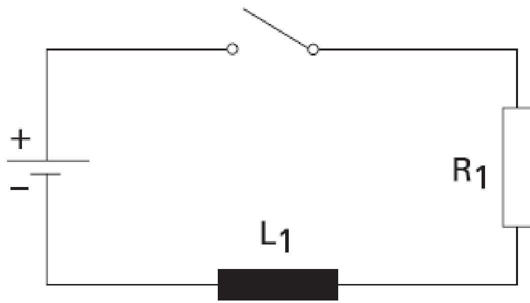


Sebarang perubahan arus menyebabkan adanya perhubungan perubahan dalam medan magnet sekeliling konduktor. Arus adalah tetap dalam DC, kecuali bila litar di ON atau OFF atau bila beban berubah. Arus adalah tetap berubah dalam AC, jadi induktan adalah faktor yang berterusan. Perubahan dalam medan magnet sekeliling conduktor mengwujudkan voltan aruhan di dalam konduktor. Voltan aruhan sendiri (self induced) ini menentang perubahan arus. Ia dikenali sebagai emf. Tentangan ini menyebabkan kelambatan (delay) dalam masa untuk arus mencapai satu nilai tetap. Jika arus ditingkatkan, induktan akan cuba menurunkannya. Jika arus dikurangkan, induktan akan cuba maningkatkannya. Induktan seperti satu alat mekanikal lemban (inertia), mesti wujud bila hendak menggerakkan objek atau memberhentikan objek. Kenderaan, sebagai contoh, memerlukan beberapa ketika untuk mencapai kelajuan tertentu atau untuk berhenti.

Induktor (induction)
Induktor biasanya ditunjukkan dengan dua bentuk simbol di dalam lukisan elektrik. Sama ada gelungan atau segiempat pangjang.

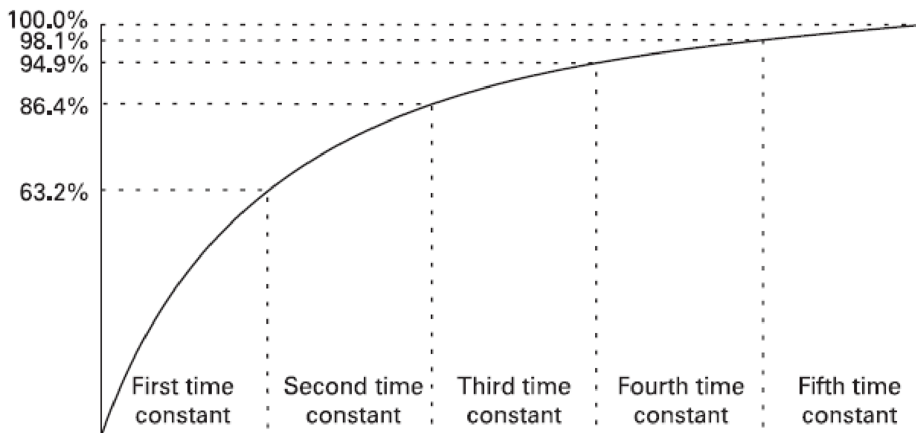


Induktor adalah gelungan dawai. Ianya sama ada dililit pada teras. Induktor gelungan ditetapkan melalui bilangan dalam lilitan, ruang antara lilitan, diameter lilitan, bahan teras, bilanagan lapisan lilitan (winding), jenis lilirtan (winding),dan bentuk (shape) lilitan. Contoh induktor ialah transformer, choke dan motor.
Litar induktif mudah
Di dalam litar hambatan (resistive), arus berubah dianggap segera. Jika induktor digunakan, arus tidak akan beruah dengan cepat. Litar berikut, pada awalnya suis dibuka dan tiada arus mengalir. Bila suis ditutup, arus pada mulanya akan meningkat dengan cepat, kemudian mulai perlahan bila mendekati nilai maksimum. Untuk memahaminya , litar Dc digunakan.

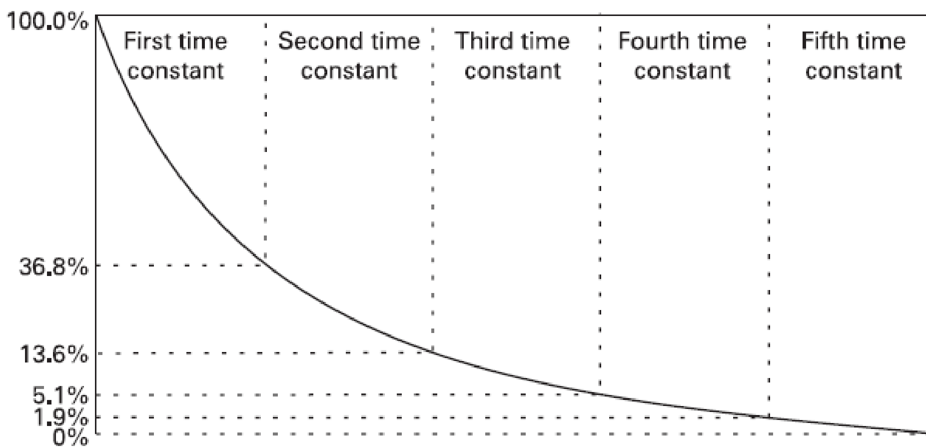


.

Induktif masa tetap (inductive time constant)
Masa diperlukan untuk arus naik ke nilai maksimum ia ditetapkan oleh nisbah (ratio) induktan dalam henry, ke rintangan dalam ohms. Nisbah ini ialah masa dalam saat ynag diperlukan untuk arus litar mencapai 63.2% dari nilai maksimumnya. Bila suis ditutup (seperti litar di atas) arus akan mengalir semula. Pada masa tetap pertama, arus meninglkat hingga 63.2% nilai maksimumnya. Pada masa tetap kedua, arus meningkat bertambah 36.8% ke 86.4%. Ia mengambil kira-kira lima masa tetap untuk arus mencapai nilai maksimum.



Begitu juga bial suis dibuka, ia akan mengambil lima masa tetap (five time constants) untun arus mencapai kosong. Ini menunjukkan induktan (inductance) adalah faktor penting di dalam litar AC. Jika frekuensi adalah 60 hertz, arus akan meningkat dan menurun dari nilai puncak ke kosong sebanyak 120 kali sesaat.



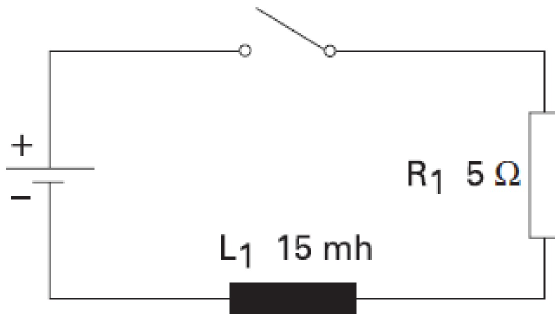
Pengiraan masa tetap litar induktif
Masa tetap ditunjukkan dengan simbol τ. Untuk menunjukkan masa tetap litar induktif, gunakan formula berikut:

τ (dalam saat) = L (henrys) / R (ohms)

τ (dalam milisaat) = L (milihenrys) / R (ohms)

τ (dalam microsaat) = L (microhenrys) / R (ohms)

Ilustrasi berikut, L1 bersamaan dengan 15 milihenrys dan R1 bersamaan dengan 5Ω. Bila suis di tutup, ia mengambil 3 milisaat untuk arus mencaoai dari kosong ke 63.2% nilai maksimumnya.

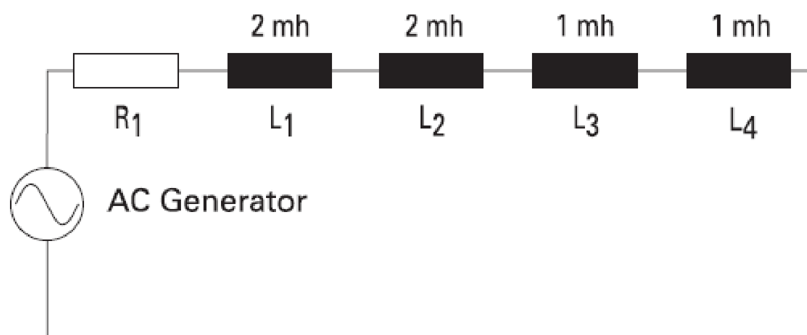


τ = 15 mh / 5Ω

τ = 3 milisaat.

Formula untulk induktor sesiri
Peraturan yang sama seperti kiraan jumlah rintangan digunakan. Litar berikut, penjana AC diguna untuk membekal kuasa elektrik pada empat induktor. Selalunya beberapa jumlah rintangan dan induktan di dalam sebarang litar. Wayar elektrik digunakan di dalam litar dan induktor, kedua-duanya terdapat beberapa rintangan dan induktan. Jumlah induktan dikira menggunakan formula berikut:

Lt = L1 + L2 +L3

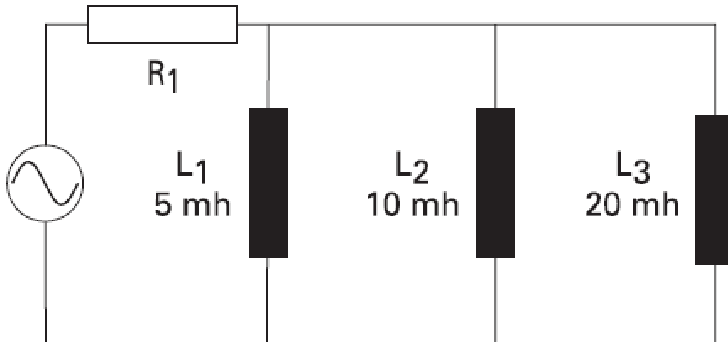


Lt = L1 + L2 + L3
Lt = 2 mh + 2mh + 1mh +1mh
Lt = 6 mh

Formula untuk induktor selari

Di dalam litar berikut, penjana AC digunakan untuk membekal kuasa elektrik kepda tiga induktor. Jumlah induktan dikira menggunakan formula berikut:

$$\frac{1}{L_t} = \frac{1}{L_t} + \frac{1}{L_t} + \frac{1}{L_t}$$



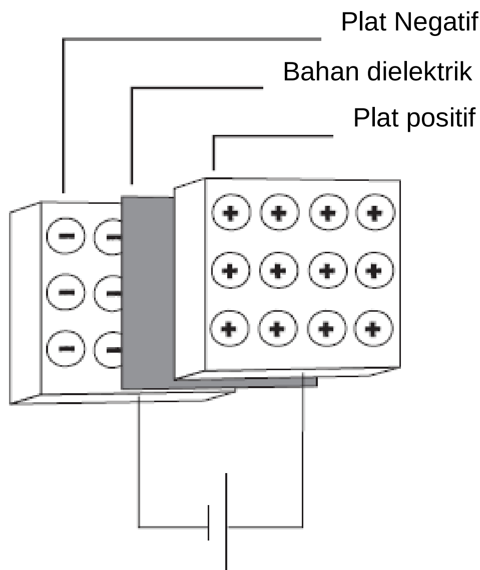
$$\frac{1}{L_t} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{L_t} = \frac{7}{20}$$

Lt = 2.86 mh

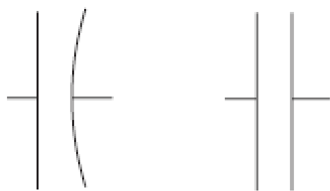
KAPASITAN (CAPACITANCE)

Kapasitan dan kapasitor (capacitor)
Kapasitan ialah ukuran pada kemampuan litar untuk menyimpan cas elektrik. Alat yang dikeluarkan pada nilai kapasitan khusus ini dipanggil kapasitor.
Kapasitir dibuat dari sepasang plat konduktif, dipisahkan oleh lapisan nipis bahan penebat. Nama lain bahan penebat ini ialah dielektrik.
Bila voltan dibekalkan kepada plat, elektron di paksa ke satu plat lain. Plat ini kelebihan (excess) elektron manakala plat yang lain kekurangan (deficiency) elektron. Plat dengan kelebihan elektron adalah cas negatif dan plat dengan kekurangan elektron adalah cas positif.

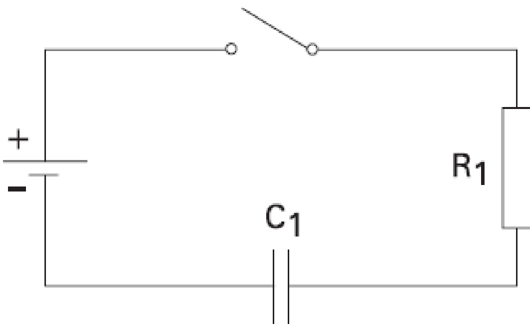


Arus terus tidak dapat mengalir melalui bahan dielektrik disebabkan ianya penebat. Kapasitor mempunyai kapasiti untuk memegang (hold) kuantiti tertentu elektron. Kekapasitanan kapasitor bergantung kepada luasnya plate, jarak antar plat dan bahan dielektrik. Unit ukuran kapasitan ialah farad (F). Kapasitor dikadarkan pada μF (microfarad) atau pF (picofarad).

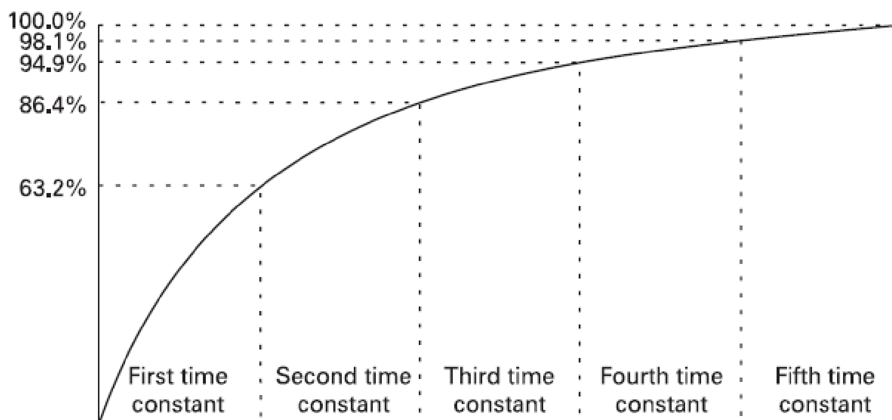
Simbol kapasitor
Kapasitan biasanya diwakili oleh simbol dalam lukisan elektrik oleh kombinasi garisan lurus bersama garis lengkung atau dua garis lurus.



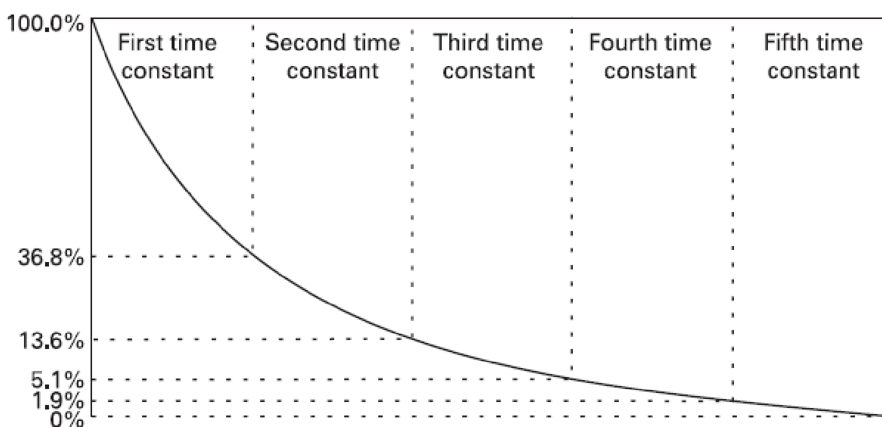
Litar kapasitif mudah
Dalam litar hambatan (resisitive), perubahan voltan dianggap segera. Jika kapasitor digunakan, voltan yang melalui kapasitor tidak berubah dengan cepat. Dalam litar berikut, awalnya suis adalah terbuka dan tiada voltan diberikan kepada kapasitor. Bila suis ditutup, voltan melalui kapsitor akan meningkat dengan cepat pada permulaan, kemudian perlahan-lahan bila berdekatan nilai maksimum. Untuk pemahaman litar DC digunakan.



Kapasitif masa tetap (capacitive time constant)
Masa diperlukan untuk voltan meningkat ke nilai maksimum dalam litar yang mempunyai kapasitan yang telah diproduk kapasitannya dalam farad, masa rintangan, dalam ohms. Ini ialah masa yang diambil oleh kapasitor untuk bercas penuh. Produk ini adalah masa tetap litar kapasitif. Masa tetap memberikan masa dalam sesaat yang dikehendaki untuk voltan melalui kapasitor untuk mencapai 63.2% dari nilai maksimum. Bila suis ditutup pada litar di atas, voltan diberikan. Semasa masa tetap pertama, voltan naik ke 63.2% dari nilai maksimum. Semasa masa tetap ke dua, voltan akan bertambah 36.8% meningkat ke 86.4%. ia mengambil kira-kira lima kali masa tetap untuk voltan melalui kapasitor untuk mencapai nilai maksimum.



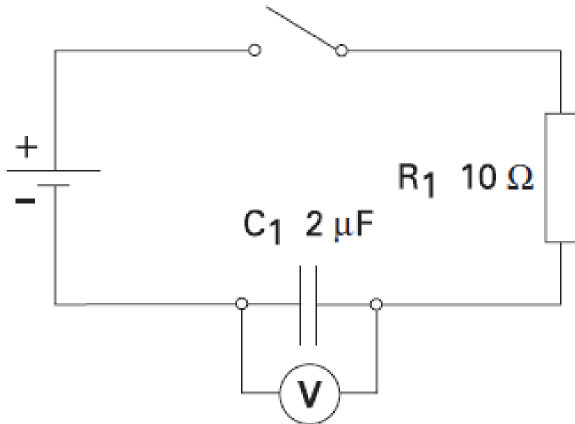
Begitu juga pada masa yang sama, ia mengambil lima kali masa tetap untuk arus melalui resistor untuk mencapai kosong



Mengira masa tetap litar kapasitif
Untuk menentukan masa tetap litar kapasitif, guna formula berikut:

τ (dalam saat) = R (megaohms) x C (microfarads)
τ (dalam microsaat) = R (megaohms) x C (picofarads)
τ 9dalam microsaat) = R (ohms) x C (microfarads)

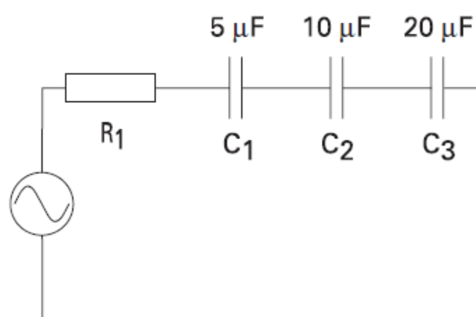
Di dalam ilustrasi berikut C1 bersamaan 2μF dan R1 bersamaan 10Ω. Bila suis ditutup, ia mengambil 20 microsaat untuk voltan melalui kapasitor meningkat dari kosong ke 63.2% nilai maksimumnya. Ini adalah lima kali masa tetap, jadi ia mengambil 100 microsaat untuk voltan ini meningkat ke nilai maksimum.



τ = RC
τ = 2μF x 10Ω
τ = 20 microsaat

Formula sesiri kapasitor
Sambungan kapasitir dalam siri mengurangkan total kapasitan. Kesannya seperti meningkatkan ruang antara plat. Peraturan untuk rintangan selari digunakan untuk kapasitan sesiri.
Litar yang berikut penjana AC membekalkan kuasa kepada tiga kapasitor. Total kapasitan dikira menggunakan formula berikut:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$



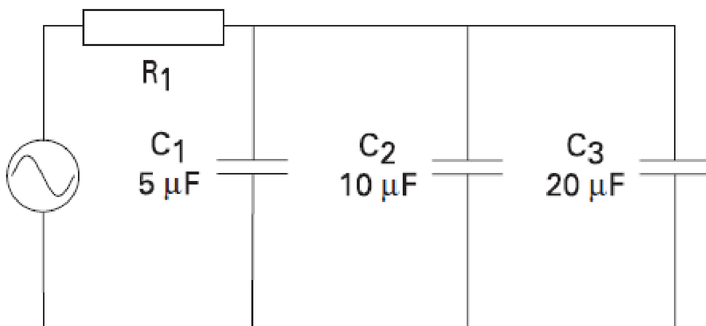
$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{7}{20}$$

C_t = 2.86μF

Formula selari kapasitor
Di dalam litar berikut penjana AC digunakan untuk membekalkan kuasa elektrik kepada tiga kapasitor. Total kapasitan dikira menggunakan formula berikut:

$C_t = C_1 + C_2 + C_3$



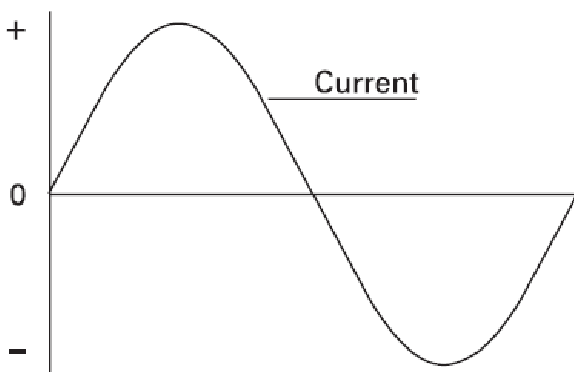
C_t = 5μF + 10μF + 20μF

C_t = 35μF

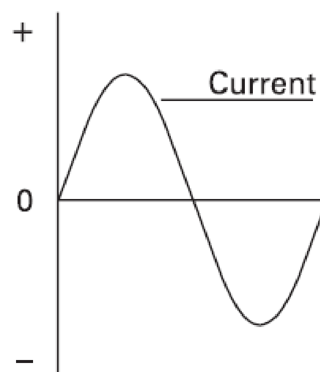
INDUKTIF DAN KAPASITIF REAKTAN
Di dalam litar AC resistif tulen, tentangan arus yang mengalir disebut rintangan (resistance). Di dalam litar AC hanya mengandungi induktan, kapasitan, atau kedua-duanya, tentangan arus yang mengalir disebut reaktan. Jumlah total tentangan arus mengalir di dalam litar AC yang mengandungi kedua-dua reaktan dan rintangan disebit galanagan (impedance) ditunhuk dalam simbol Z. reaktan dan galanagan ditunjukkan dalam ohms.

Reaktan induktif (inductice reactance)
Induktan hanya mempengaruhi aliran arus bila arus akan berubah. Induktan menghasilkan self-induces voltage (emf) yang menentang perubahan arus di dalam litar AC, perubahan arus adalah tetap. Induktan dalam litar AC sebelumnya, menyebabkan tetangan berterusan. Tentanagan aliran arus ini disebut ”inductive reactance”, dan diberikan simbol X_L.

“Inductance reactance” bergantung pada jumlah induktan dan frekuebcy. Jika frekuensi rendah, arus akan mengambil lebih masa untuk mencapai nili tinggi sebelum “polarity” gelombang sinus “reverse”. Jika frekuensi adalah tinggi, arus memerlukan sedikit masa untuk mencapai nilai tertinggi. Di dalam ilustrasi berikut, voltan masih tetap. Arus meningkat ke nilai tertinggi pada frekuensi rendah berbanding frekuensi tinggi.



Frekuensi rendah



Frekuensi rendah

Formula untuk “inductive reactance” ialah:

X_L = 2πfL
X_L = 2 x 3.14 x frekuensi x inductance

Di dalam 60 hertz, litar 10 volt mengandungi 10mh inductor, inductive reactance menjadi:

X_L = 2πfL

X_L = 2 x 3.14 x 60 x 0.01

X_L = 3.768 Ω

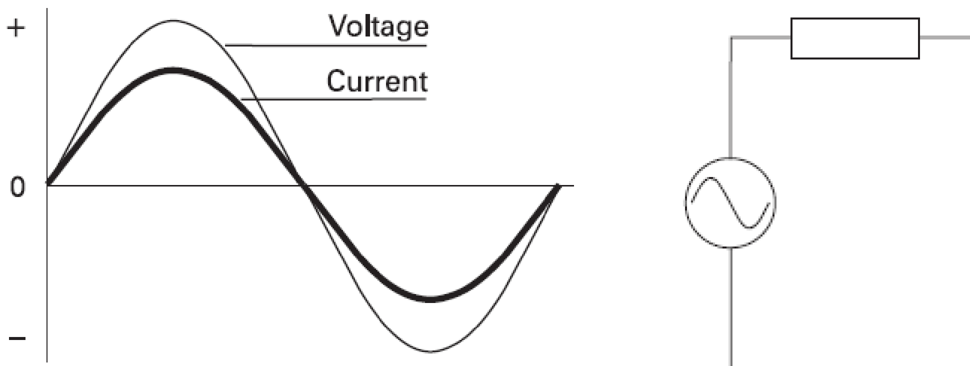
Bila “induvtive reactance” diketahui, Hukum Ohms boleh digunakan untuk mengira arus “reactive”.

I = $\frac{E}{Z}$

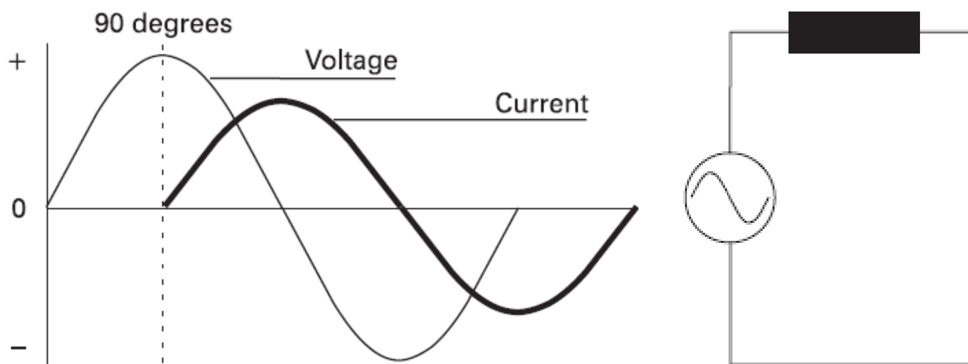
I = $\frac{10}{3.768}$

I = 2.65 amps

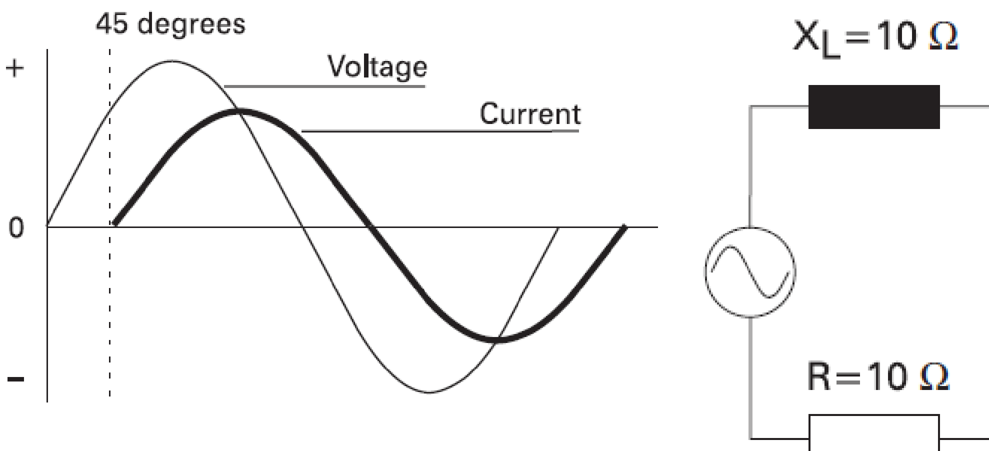
Perhubungan fasa antaraarus dan voltan di dalam arus inductive
Arus tidak meningkat pada masa yang sama seperti voltan bekalan di dalam litar inductive.arus terlewat bergantung pada jumlah inductance. Di dalam litar resistive tulin (pure), arus dan voltan meningkat dan jatuh pada masa yang sama. Ianya dikata dalam fasa. Di litar ini inductance, reistance dan impedance adalah tidak sama.



Di dalam "purely inductive circuit", arus mengekori (lag) di belakang voltan sebanyak 90 darjah. Arus dan voltan dikatakan "out of phase". Di litar ini, impedance dan inductive reactance adalah sama.



Semua litar inductive mempunyai beberapa jumlah (amount) rintangan (resistance). Arus AC akan mengekori (lag) suatu tempat antara "purely resistive circuit" dan "purely inductive ciecuit". Jumlah sebenar pengekoran (lag) bergangtung pada nisbah (ratio) resistance dan inductive reactance. Lebih resistive pada litar, lebih dekat ia dengan fasa. Ilustrasi berikut, reistance dan inductive reactance adalah sama. Arus mengekori voltan sebanyak 45 darjah.



Mengira impedance di dalam litar inductive
Bila bekerja dengan litar yng mengandungi elemen inductance, capacitance dan resistance, impedance mestilah dikira. Oleh sebab konsep elektrik berhubung dengan fungsi trigonometric, ini bukanlah perkara mudah untuk mengurang (subtraction) dan menambah (addition). Formula berikut digunakan untuk mengira impedance di dalam litar:

Z = $\sqrt{R^2 + {X_L}^2}$

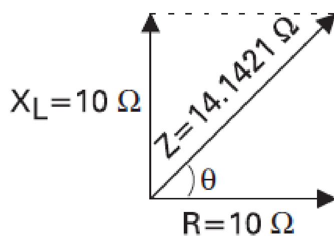
Dalam litar di atas, reistance dan inductive reactance adalah masing-masing 10 ohms. Impedance ialah 14.1421 ohms. Penggunaan mudah Hukum Ohms boleh digunakan untuk mencari total arus litar.

Z = $\sqrt{10^2 + 10^2}$

Z = $\sqrt{200}$

Z = 14.1421 Ω

Vektor
Cara lain untuk menunjukkan perhubungan ialah dengan vektor. Vektor oalah grafik yang memperlihatkan kuatiti melalui arah dan magnitude.
Vektor pada peta menunjukkan satu bandar 50 batu kebarat-daya sebuah bandar lain. Magnitudenya ilah 50 batu dan arahnya ialah barat-daya. Vektor juga digunakan untuk menunjukkan hubungan dalam elektrik. Seperti yang diketahui, impedance (Z) ialah jumlah total tentangan aliran arus di dalam litar AC mengandungi resistance, inductance dan capacitance.
Ilustrasi vektor berikut menunjukkan perhubungan antara resistance dan inductive reactance yang sama nilai dalam sebuah litar. Sudut antara vektor ialah sudut fasa diwakili simbol θ. Bila inductive reactance adalah sama dengan resistance sudut hasilan ialah 45 darjah. Sudut ini menunjukkan berapa banyak arus akan megekori voltan.



Capacitive reactance
Capacitance juga menghalang arus AC mengalir. Capacitive ractance ditunjukkan oleh simbol X_C. Lebih besar kapasitor, lebih kecil cpacitive reactance nya. Arus mengalir dalam capacitive arus AC adalah juga bergantung pada frekuensi. Formula berikut digunakan untuk mengira capacitive reactance.

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

Capcitive reactance adalah 1 dibahagi dengan 2 darab pai, darab frekuensi, darab capacitance. Dalam 60 hertz, litar 10 volt mengandungi 10 microfarad kapasitor, capacitive reactance nya menjadi:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_c = \frac{1}{2*3.14*60*0.000010}$$

X_c = 265.39 Ω

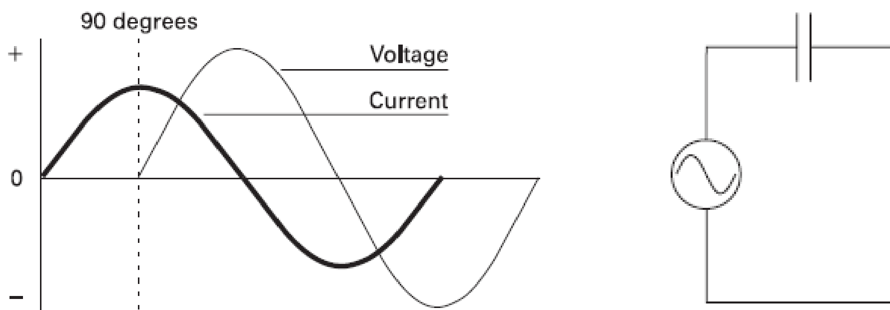
Bila capacitive reactance diketahui, Hukum Ohms boleh digunakan untuk mengira arus reactive.

I = $\frac{E}{Z}$

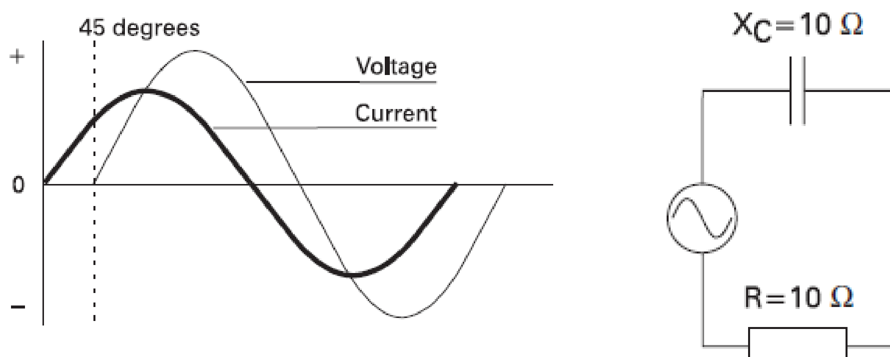
I = $\frac{10}{265.39}$

I = $0.376\ amps$

Perhubungan fasa antara arus dan voltan di dlam litar capacitive
Perhubungan fasa antara arus dan voltan adalah berlawanan dengan perhubungan fasa litar inductive. Di dalam litar capacitive tulen (pure), arus mendahului voltan dengan 90 darjah.



Semua litar capacitive mempunyai beberapa rintangan (resistance). Arus AC mendahului di suatu tempat anatara “purely resistive circuit” dan purely capacitive circuit”. Jumlah sebenar pendahuluan bergantung pada nisbah rintangan (resisitance) dan capacitive reactance. Libih resistive sesuatu litar, lebih dekat ia dalam fasa. Lebih capacitive litar, lebih jauh ia dari fasa. Dalam ilustrasi berikut, resistance dan capacitive adalah sama. Arus mendahului voltan sebanyak 45 darjah.



Mengira impedance di dalam litar capacitive
Formula berikut digunakan untuk mengira inpedance di dalam litar capacitive:

$$Z = \sqrt{R^2 + {X_C}^2}$$

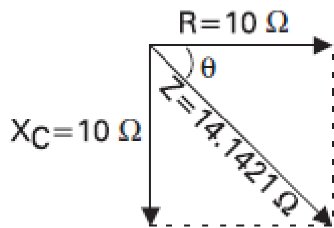
Di dalam ilustrasi litar di atas, resistance dan capacitive reactance masing-masing ialah 10 ohms. Impedancenya ialah 14.1421 ohms.

$$Z = \sqrt{10^2 + 10^2}$$

$$Z = \sqrt{200}$$

$$Z = 14.1421\Omega$$

Ilustrasi vektor berikut menunjukkan perhubungan antara resistance dan capacitive reactance dalam litar yang mengandungi nilai yang sam pada keduanya. Sudut antara vektor ialah sudut fasa yng ditunjukkan dengan simbol θ. Bila capacitive reactance adalah sama dengan resistance, sudut terhasil ialah 45 darjah. Sudut ini menerangkan berapa banyak arus mendahului voltan.



LITAR R-L-C SESIRI
Litar biasanya mengandungi elemen resistance, inductance dan capacitance. Di dalam litar AC inductive, arus mengekori voltan sebanyak 90 darjah. Di dalam litar AC capacitive, arus mendahului voltan sebanyak 90 darjah. Dapat dilihat inductance dan capacitive adalah terpisah sebanyak 180 darjah. Sejak ia terpisah 180 darjah, satu elemen akan terhapus atau menjadi sebahagian elemen lain.



Litar AC:

- Resistive jika X_L dan X_C adalah sama.
- Inductive jika X_L adalah lebih besar dari X_C.
- Capacitive jika X_C adalah lebih besar dari X_L.

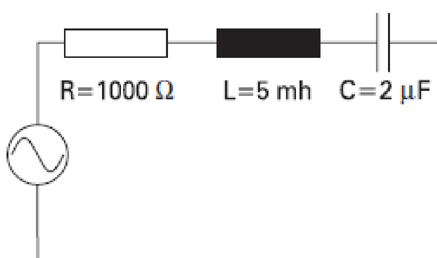
Mengira jumlah total impedance di dalam sesiri litar R-L-C.
Formula berikut digunakan untuk mengira total impedance litar yang mengandungi resistance, capacitance dan inductive:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Dalam kes di mana inductive reactance lebih besar dari capacitive reactance, menolak (subtracting) X_C dari X_L akan menghasilkan angka positif. Sudut fasa positif menunjukkan jaringan litar reactances adalah inductive dan arus mengekori voltan.

Dalam kes di mana capacitive reactance lebih besar dari inductance reactance, menolak X_C dari X_L akan menghasilkan angka negatif. Sudut fasa negatif menunjukkan jaringan litar reactance adalah capacitive dan arus mendahului voltan. Dalam salah-satu kes nilai hasil perkalian di dalam angka positif.

Mengira reactance dan impedance di dalam sesiri litar R-L-C
Berikut adalah 120 volt, litar 60 hertz, resistance ialah 1000Ω, inductance ialah 5mH dan capacitance 2μF.



Untuk mengira total impedance, mula-mula kira nilai X_L dan X_C, kemudian impedance boleh dikira.

$$X_L = 2\pi f L$$

$$X_L = 6.28 * 60 * 0.005$$

$$X_L = 1.884\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_C = \frac{1}{6.18*60*0.000002}$$

$$X_C = 1.327\Omega$$

Z = $\sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2}$

Z = $\sqrt{1000^2 + (1.884 - 1.327)^2}$

Z = $\sqrt{1000000 + (-1325.116)^2}$

Z = $\sqrt{1000000 + (1755932.41)^2}$

Z = $\sqrt{2755932.41}$

Z = 1660.1Ω

Mengira arus litar dalam sesiri litar R-L-C
Hukum Ohms digunakan untuk mengira jumlah total arus.

I = $\frac{E}{Z}$

I = $\frac{120}{1660.1}$

I = 0.072 amps

LITAR R-L-C SELARI

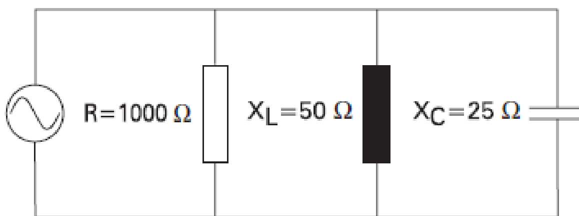
Mengira impedance dalam litar R-L-C selari
Total impedance (Z_t) boleh dikira dalam litar R-L-C selari jika nilai resistance dan reactance diketahui. Satu cara mengira mengira impedance melibatkan terlebih dulu pengiraan jumlah arus, ikut formula berikut:

$$Z_t = \frac{E_t}{I_t}$$

Jumlah arus di vektor adalah jumlah arus mengalir melalui resistance plus, iaitu perbezaan antara arus inductive dan arus capacitive. Ini ditunjukkan dalam formula berikut:

$$I_t = \sqrt{{I_R}^2 + (I_C - I_L)^2}$$

Berikutnya litar 120 volt, 60 hertz, capacitive reactance dikira sebagai 25Ω dan inductive reactance 50 Ω. Resistancenya pula 1000 Ω.



Menggunakan Hukum Ohms untuk mencari cawangan arus. Ingat, voltan adalah tetap melalui litar selari.

$$I_R = \frac{E}{R} \qquad I_L = \frac{E}{X_L} \qquad I_C = \frac{E}{X_C}$$

$$I_R = \frac{120}{1000} \qquad I_L = \frac{120}{50} \qquad I_L = \frac{120}{25}$$

$$I_R = 0.12\ amps \qquad I_L = 2.4\ amps \qquad I_L = 4.8\ amps$$

Tiap cawangan arus telah diketahui, jumlah arus total bolehlah dikira.

$$I_t = \sqrt{{I_R}^2 + (I_C - I_L)^2}$$

$$I_t = \sqrt{0.12^2 + (4.8 - 2.4)^2}$$

$$I_t = \sqrt{0.144^2 + 5.76}$$

$$I_t = \sqrt{5.7744}$$

$$I_t = 2.4\ amps$$

Impedance bole diketahui melalui Hukum Ohms.

$$Z_t = \frac{E_t}{I_t}$$

$$Z_t = \frac{120}{2.4}$$

$$Z_t = 50\Omega$$

KUASA DAN FAKTOR KUASA DI DALAM LITAR AC

Kuasa digunakan oleh resistor yang menghilang dalam menghasilkan haba dan tidak kembali ke punca. Ini adalah kuasa benar (true power). Kuasa benar ialah kdaran kuasa di mana tenga digunakan. Arus di dalam litar AC meningkat ke nilai puncak dan mengurang ke kosong beberapa kali sesaat. Tenaga disimpan di dalam medan magnet konduktor atau plat capacitor, ia kembali ke punca bila arus berubah arah. Kuasa di litar AC ialah vektor dari jumlah kuasa sebenar (true power) dan kuasa reaktif (reactive power). Ia dipanggil kuasa ketara (apparent power).kuasa benar adalah sama dengan kuasa ketara dalam litar purely resistive oleh sebab voltan dan arus di dalam fasa. Voltan dan arus juga di dalam fasa pada arus yang mengandungi nilai yang sama inductance reactance dan capacitive reactance. Jika voltan dan arus adalah 90 darjah terkeluar fasa, seperti boleh jadi pada di dalam litar "purely capacitive" atau "purely inductive", purta nilai kusa benar ialah kosong. Ia adalah "high positive" dan nilai puncak negatif kuasa, tetapi bila dicampur bersama hasilnya ialah kosong.

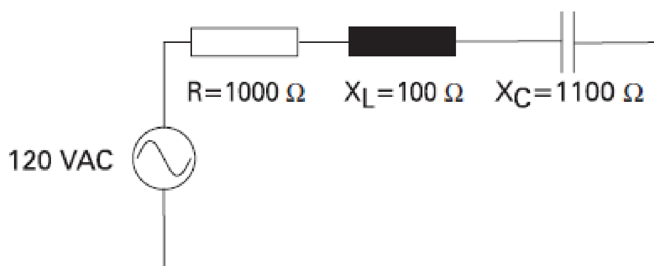
Formula kuasa sebenar dan kusa ketara
Formula kusa ketara (apparent) ialah:
P = EI
Kuasa ketara diukur dalam volt-amp (VA).

Kuasa sebenar dikira dari fungsi trigonometric lain, kosinus dari sudut fasa (cos θ). Formula kusa sebenar ialah:
P = EIcos θ
Kuasa sebenar diukur dalam watt.

Di dalam litar "purely resistive", arus dan voltan dalam fasa. Di situ adalah sudut kosong darjah pertukaran arus dan voltan. Kosinus untuk kosong ialah satu. Mendarab nilai dengan satu tidak akan mengubah nilai. Di dalam litar "purely resistive", kosinus sudurnya adalah diabaikan.

Di dalam litar "purely reactive", sama ada inductive atau capacitive, arus dan voltan adalah 90 dajah keluar fasa. Kosinus 90 ialah kosong. Mendarab nilai kali kosong menghasilkan keluaran kosong. Tida kuasa digunakan di dalam litar "purely reactive".

Mengira kuasa ketara di dalam litar R-L-C
Berikut adalah litar 120 volt, ia bersamaan dengan 84.9 miliamps. Inductive reactance ialah 100Ω dan capacitive reactance ialah 1100Ω. Dudut fasa ialah -45 darjah. Dengan merujuk pada jadual trigonometric, kosinus -45 darjah adalah 0.7071.



Kuasa ketara (apparent power) yang digunakan litar ialah:
P = EI
P = 120 x 0.0849
P = 10.2 VA

Kuasa sebenar (true power) yang digunakan litar ialah:
P = EIcos θ
P = 120 x 0.0849 x 0.7071
P = 7.2 watt

Formula lain untuk kuasa sebenar:
P = I^2R
P = 0.0849^2 x 1000
P = 7.2 watt

Faktor kuasa (power factor)
Faktor kuasa ialah nisbah kuasa sebenar kepada kuasa ketara dalam litar AC. Faktor kuasa ditunjukkan dalam formula berikut:

Faktor kuasa = $\frac{kuasa\ sebenar}{kuasa\ ketara}$

Faktor kuasa juga boleh ditunjukkan dengan formula untuk kusa sebenar dan kuasa ketara. Nilai EI dibuang kerana ianya sama dengan nilai pembawah. Faktor kuasa adalah kosinus sudut.

PF = $\frac{E\ I\ cos\ \theta}{EI}$

PF = cos θ

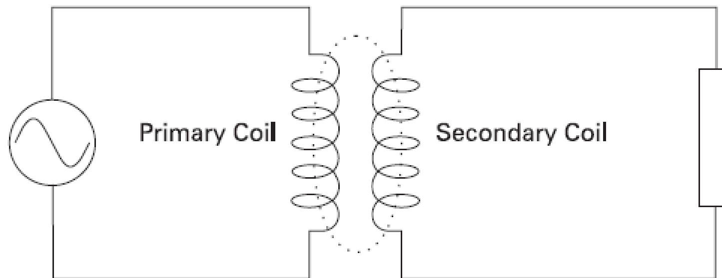
Di dalam litar “purely resistive”, bila arus dan voltan dalam fasa, tiada sudut yang bertukar antara arus dan voltan. Kosinus kosong darjah ialah kosong. Faktor kuasa dalah satu. Ini bermaksud semua tenaga dibawa oleh bekalan telah digunakan oleh litar dan menghambur haba.

Di dalam litar “purely ractive”, voltan dan arus adalah 90 darjah terpisah. Kosinus 90 darjah ialah kosong. Faktor kuasa ialah kosong. Ini bermaksud litar mengembalikan semua tenaga yan ia terima dari bekalan ke bekalan.

Di dalam litar di mana reactance dan resistance adalah sama, voltan dan arus adalah diganti dengan 45 darjah. Kosinus sudut 45 darjah ialah 0.7071. faktor kuasa ialah 0.7071. ini bermaksud litar telah menggunakan sekurang-kurangnya 70% bekalan tenaga dari punca dan kembali dengan sekurang-kurangnya 30%.

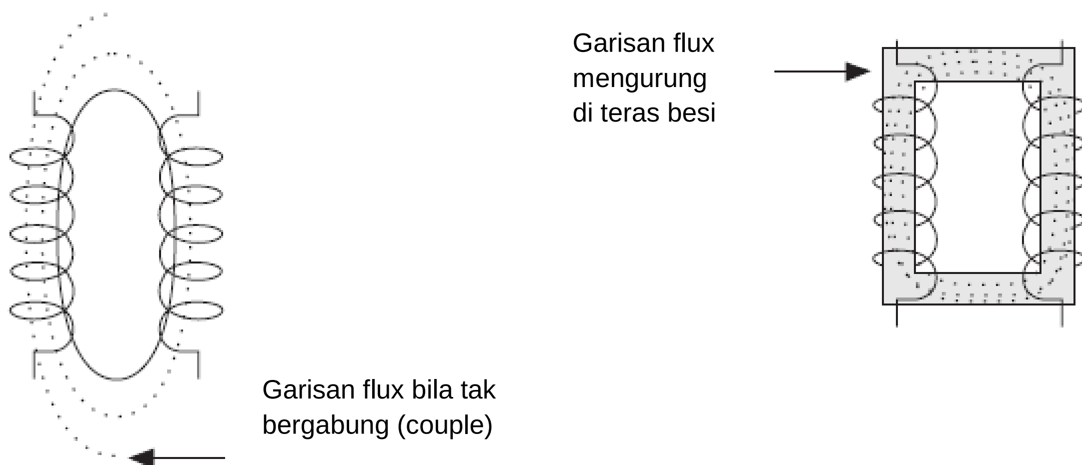
TRANSFORMER (ALATUBAH)

Mutual induction (aruhan bersaling)
Transformer adalah peralatan “electromagnetic” yang memindahkan tenaga elektrik dari satu litar ke litar lain menggunakan “mutual induction”. “Mutual induction” adalah aruhan inductance dari medan magnet yang bersaling. Dalam transformer satu fasa ada dua lilitan, “primary” dan “secondary”. Litar berikut menunjukkan “mutual induction”. Penjana AC memberikan kuasa elektrik ke “primary coil”. Medan magnet dihasilkan melalui primary meransangan (induce) voltan ke “secondary coli”, kemudiannya membekalakan kuasa ke beban.



Transformer digunakan untuk menaikkan voltan atau menurunkan voltan. Transformer diguna secara intensif pada sistem pembahagian kuasa. Janakuasa biasanya menghasilkan voltan tinggi sekitar 11kV. Voltan ini dinaikkan lagi menggunakan transformer sehingga 132kV ke 500kV untuk penghantaran ke substation. Voltan diturunkan semula di transformer substation menjadi 22kV atau 33kV. Di sini kuasa elektrik dihantar ke substation pembahagian atau terus ke indutri. Di substation pembahagian voltan diturunkan lagi menggunakan transformer untuk bekalan ke kilang-kilang atau rumah. Voltan nominal di sini alah 400V untuk tiga fasa dan 230V untuk satu fasa.

Coefficient of coupling (gandingan)
“Mutual inductance” antara dua lilitan bergantung pada sambungan (linkage) flux. Gandingan maksimum wujud bila semua garisan flux dari lilitan primary dipotong melalui lilitan scondary. Jumlah gandingan yang mengambil tempat adalah dirujuk sebagai “coefficient of coupling”. Untuk memaksimumkan “coefficient of coupling”, kedua-dua lilitan selalunya dililit pada teras besi yang digunakan sebagai jalan utuk garisan flux. Diskusi berikut mengenai transformer menaik dan menurun adalah merujuk pada transformer teras besi (iron core).

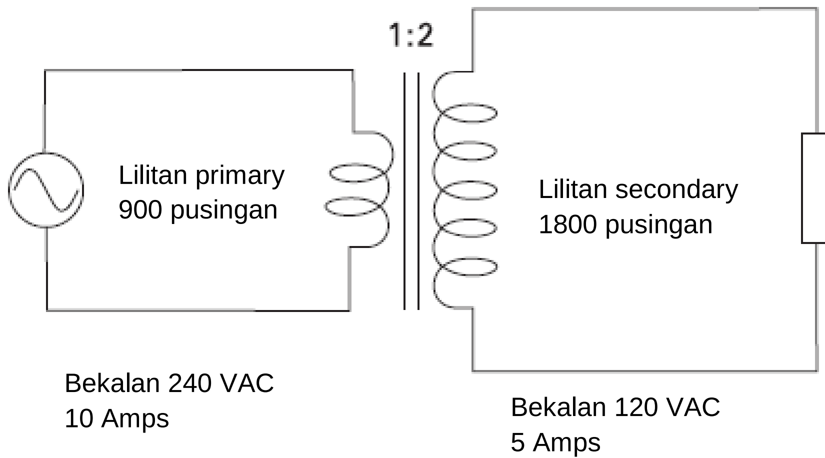


Voltan, arus dan bilsngsn pusingan di dalam lilitan.
Ada perhubungan terus antara voltan, impedance, arus dan bilangan lilitan di dalam transformer. Perhubungan ini boleh digunakan pada kedua-dua primary dan secondary untuk mencari voltan, arus dan bilangan pusingan setiap lilitan. Bilangan lilitan menunjukkan sama ada transformer itu jenis menaik atau menurun.

Berikut adalah “rules-of-thumb” dipakai pada transformer.
- Jika lilitan primary kurang dari lilitan secondaray, ia adalah transformer menaik.
- Jika lilitan primary lebih dari lilitan secondaray, ia adalah transformer menurun.

Jika bilangan lilitan primary dan secondary transformer adalah sama, kemasukan voltan, impedance dan arus adalah sama dengan keluaran voltan, impedance dan arus.

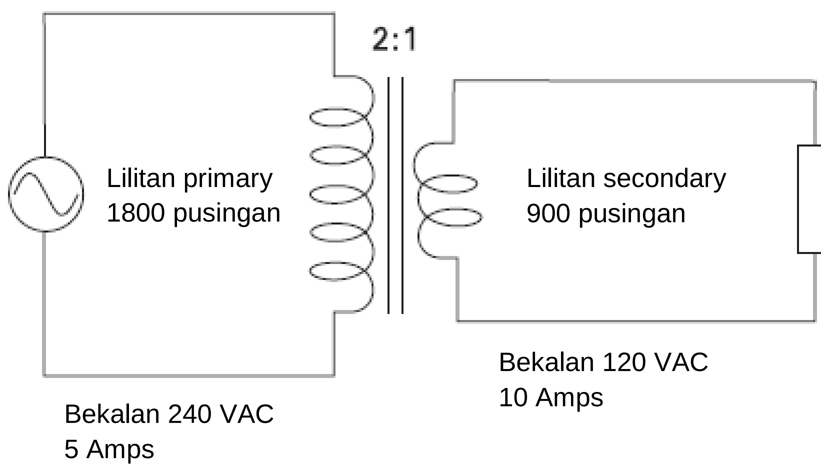
Transformer menaik (step-up)



Bekalan 240 VAC
10 Amps

Bekalan 120 VAC
5 Amps

Transformer menurun (step-down)



Bekalan 120 VAC
10 Amps

Bekalan 240 VAC
5 Amps